



УДК 502.63

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-104-115

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТИПОВ НАЗЕМНЫХ ПОКРОВОВ СУБСРЕДИЗЕМНОМОРСКИХ НИЗКОГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ СРЕДСТВАМИ ГЕОМАТИКИ (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОЧНОГО КРЫМА)

Т.Ю. Горбунова^{1,2}, С.В. Гапон³, Р.В. Горбунов¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского — природный заповедник РАН»
ул. Науки, 24, пгт. Курортное, г. Феодосия, Республика Крым, Россия, 298188

² Таврическая академия Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»
пр. академика Вернадского, г. Симферополь, Республика Крым, Россия, 4295007

³ Львовский национальный университет имени Ивана Франко
ул. Университетская, 1, г. Львов, Украина, 79000

Проведено картографирование типов наземных покровов субсредиземноморских низкогорных ландшафтов методами геоматики. Для примера была выбрана территория Юго-Восточного Крыма, представляющая собой один из ключевых туристско-рекреационных центров полуострова. Разнообразие природных и антропогенных сред обуславливает пригодность территории в качестве модельного объекта для картографирования типов наземных покровов субсредиземноморских низкогорных ландшафтов. В работе были использованы космические снимки Landsat 8, космические снимки сервиса Google Earth, карта землепользования Крыма, данные полевых наблюдений. Все расчеты были произведены в программе ArcGIS 10.2. Результатом проведенного моделирования стала карта наземного покрова Юго-Восточного Крыма. Точность данной карты составляет 80% при использовании жесткой классификации и 90% при использовании скользящей классификации.

Ключевые слова: наземный покров, картографирование, субсредиземноморские низкогорные ландшафты, Юго-Восточный Крым

Введение

Полуостров Крым обладает высоким ландшафтным разнообразием. На сравнительно небольшой площади (27 тыс. км²) в результате экотонного положения сформировались несколько ландшафтных зон — от полупустынь на севере полуострова до полусубтропических лесов и кустарников на юге. Последние представлены узкой полосой вдоль южного побережья полуострова и сформировались здесь за счет барьерного влияния гор. Кроме того, эта зона испытывает наибольшую антропогенную нагрузку, связанную с развитием курортно-рекреационного комплекса, а также с виноделием и садоводством.

Осуществление природопользования и экологическая оценка невозможны без знания структуры землепользования и пространственной дифференциации элементов экологического каркаса. Наиболее удачным подходом в этом аспекте может стать построение карты типов наземного покрова территории, которая может лечь в основу планирования территориального развития.

Вопрос оценки экологической ситуации, оценки антропогенного воздействия на ландшафты в Крыму рассматривался во многих работах [1—10]. Однако большинство этих работ ориентировано на использование устаревших методик, без применения современных возможностей ГИС-технологий и данных ДЗЗ, что снижает качество выполненных работ. Исходя из последних мировых тенденций и концепций, которые ставят основным приоритетом инновационное и информационное развитие, применение самых новых цифровых данных и методик является необходимым для обеспечения устойчивого развития региона.

В связи с тем, что в последние несколько лет на территории Крымского полуострова сменились собственники земель и резко изменились типы землепользования, а значит, стали меняться и сами наземные покровы, все предыдущие работы во многом теряют свою актуальность. Крым, как и любой другой регион, должен развиваться на основе актуальных репрезентативных данных о современном состоянии территории.

Данная работа посвящена картографированию типов наземных покровов методами геоматики как одного из прогрессивных методов отображения современного состояния зоны низкогорных субсредиземноморских ландшафтов Крыма. Для примера была выбрана территория Юго-Восточного Крыма, представляющая собой один из ключевых туристско-рекреационных центров полуострова [11]. Низкая освоенность территории, слабое развитие инфраструктуры, с одной стороны, и ее уникальные пейзажные характеристики, расположение историко-культурных объектов — с другой, определяют ее инвестиционную привлекательность и создают предпосылки для устойчивого развития рекреационной отрасли.

Территория исследований

Исследуемая территория большей частью расположена в пределах Горного Крыма, включает в себя Алуштинский, Судакский и Феодосийский округа (рис. 1).

Площадь территории 1068 км², высоты колеблются от 0 м до 1254 м. Общность этой территории в пределах Южного берега Крыма обусловлена целым сходством природы. В отличие от юго-западной части, протянувшейся вдоль непрерывной цепи столовых яйлинских массивов, Юго-Восточный Крым расположен в той части Главной гряды Крымских гор, которая распадается на отдельные массивы, хребты и кряжи, постепенно понижающиеся к востоку. Такие орографические особенности определяют меньшую защищенность территории от северных воздушных масс. Хотя, как и в юго-западной части Горного Крыма, господствующие здесь ландшафты имеют средиземноморские черты, Юго-Восточный Крым отличается сухостью и большей континентальностью, что вызывает более ксерофитный характер растительности. Лесные формации являются господствующими только до Карадага, а восточнее Карадага степная растительность уже доминирует над лесной.

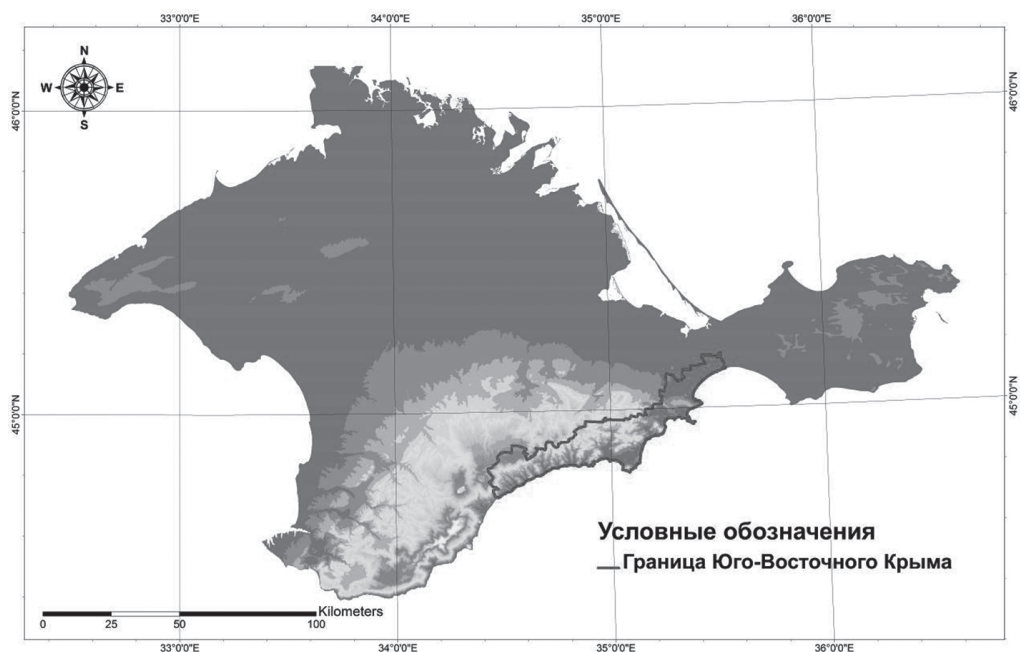


Рис. 1. Положение и границы Юго-Восточного Крыма
(The location and boundaries of the South-Eastern Crimea)

Общий орографический план территории довольно сложный, что объясняется ее значительным вертикальным и горизонтальным расчленением. Рассматриваемая территория является частью сохранившегося от погружения в Черное море ядра Крымского мегантиклинория, в геологическом строении которого принимают участие мезозойские и кайнозойские отложения. Литологическое строение территории отличается пестротой, и коренные породы благодаря большой расчлененности, неглубокому залеганию и частым выходам на поверхность принимают непосредственное участие в формировании ландшафтов.

Сложное строение геологического фундамента нашло свое отражение в сложности форм рельефа Юго-Восточного Крыма, который сформировался в результате длительного этапа континентального развития Главной гряды Крымских гор, расчленения ее южного макросклона речными долинами, балками и оврагами и обособления междолинных хребтов, кряжей и отдельных горных массивов. Здесь наблюдается сочетание форм, обусловленных тектоникой, вулканизмом и экзогенными процессами.

Наибольшее распространение в районе имеют низкогорные (до 450—500 м) эрозионно-денудационные хребты, сложенные глинистыми сланцами, конгломератами, известнякам и изверженными породами триаса и юры.

Среднегорье представлено эрозионно-денудационными горными массивами, сложенными верхнеюрскими породами, преимущественно карбонатного состава. Равнинных территорий в Юго-Восточном Крыму мало, в основном они занимают восточную часть рассматриваемой территории.

Юго-Восточный Крым относится к северо-восточной окраине распространения субтропического климата средиземноморского типа. Климат этой территории

сформировался под влиянием таких климатообразующих процессов и факторов, как географическое положение в средних широтах, субтропическая циркуляция воздушных масс, влияние горного рельефа и незамерзающего Черного моря.

Коренная растительность сформировалась в основном под влиянием климата субтропического типа, горного рельефа, обусловившего высотную поясность, близости теплого Черного моря и относится к древней средиземноморской флоре. Лесная растительность представлена широколиственными летне-зелеными лесами, светлохвойными вечнозелеными лесами и можжевельниковыми редколесьями.

В историческое время важную роль в процессе ландшафтогенеза стал играть антропогенный фактор. За несколько веков до нашей эры и в первые века нашей эры Юго-Восточный Крым был населен таврскими племенами. Они заложили здесь основу скотоводства, интенсивное развитие которого приходится на VII—IX вв. Интенсивная хозяйственная деятельность продолжалась в Юго-Восточном Крыму и в позднем Средневековье. В этот период здесь возникают генуэзские колонии, многие поселения превращаются в крупные торговые центры (Судгея, Кафа), через которые шла интенсивная торговля Киевской Руси с Византией и странами Востока. Эта колонизация, которая продолжалась и после падения генуэзских колоний, усилила бесконтрольное использование природных ресурсов. На протяжении многих лет происходила усиленная рубка леса [12].

Продолжительное интенсивное влияние антропогенного фактора сказалось весьма сильно на изменении природы Юго-Восточного Крыма. При нерегулируемом выпасе скота вытаптывалась травянистая растительность, нарушался почвенный покров, снижалась саморегулирующая способность леса. В связи с тем, что в Юго-Восточном Крыму субтропические растения находятся в близких к экстремальным значениям условиях своего существования, антропогенные изменения экологических условий вызвали резкие и практически необратимые изменения в структуре фитоценозов.

В настоящее время регион подвержен еще более активному антропогенному воздействию (застройка территории, туристско-рекреационная нагрузка, сельскохозяйственная деятельность и др.). Разнообразие природных и антропогенных ландшафтов обуславливает пригодность территории к использованию в качестве модельного объекта для картографирования типов наземных покровов субсредиземноморских низкогорных ландшафтов.

Материал и методы исследований

Под наземным покровом (англ. *land cover*) в данной работе понимается модель земной поверхности, состоящая из определяемых прямым наблюдением реально существующих объектов, структурированных согласно потребностям наблюдателя. Необходимо отметить, что понятия «наземный покров», «землепользование» и «землеиспользование» не синонимичны [13].

Так как космические снимки спутника Landsat 8 можно получать каждые 14 дней практически для любой территории земного шара, наша работа базируется на новых репрезентативных для данной ситуации космических данных. Стоит отметить, что структура наземного покрова не изменяется даже в такие сроки, как 2–3 года, а лишь приобретает маркерные тенденционные изменения. По этой

причине в качестве корректирующих данных можно использовать ранее созданные карты типов наземного покрова [1; 9].

Мировая практика насчитывает огромное количество методик картографирования типов наземного покрова средствами геоматики. Геоматика (англ. *geomatics*) — совокупность применений информационных технологий, мультимедиа и средств телекоммуникации для обработки данных, анализа геосистем, автоматизированного картографирования [14]. Исходя из имеющихся данных, мы выбрали ряд методик, которые использовались как основа методики для нашей территории [15—18].

В работе были использованы следующие материалы:

— космические снимки Landsat 8 с разрешающей способностью снимка от 15 до 30 м на пиксель. Проекция UTM, система координат WGS 84. Точность позиционирования сенсоров: OLI — 12 м, TIRS — 41 м;

— космические снимки сервиса Google Earth с разрешающей способностью 0,6 м на пиксель;

— карта землепользования Крыма [9];

— данные полевых наблюдений в период с 27 июля 2015 г. по 27 августа 2015 г. на территории Юго-Восточного Крыма по 106 точкам.

Все расчеты были произведены в программе ArcGIS 10.2.

Первоначально проект был сформирован в системе координат UTM WGS 84 Zone 36N, линейная единица измерения — метр. Все исходные данные были переведены в эту систему координат.

Были подгружены два космических снимка Landsat 8. Каждый снимок, состоящий из восьми-девяти каналов, был объединен с помощью функции *Composite bands* и в результате получен комплексный снимок, который отражает типы растительности за все сезоны года. Таким образом, упрощается его дальнейшее дешифрирование.

Для определения максимального количества желательных классов наземного покрова была применена функция *Maximum Likelihood Classification*. Затем была проведена управляемая классификация с помощью функции *Training Sample Manager*, в результате чего были заданы и выделены семь типов наземного покрова: вода, лес, редколесья, степные сообщества, сельскохозяйственные угодья, заболоченные территории, населенные пункты. Учебные полигоны выбирались таким образом, чтобы эталонный участок находился в середине выбранного типа наземного покрова и от других типов его отделяло минимум 3—4 пиксела снимка. Для каждого типа наземного покрова было выделено не менее 10 типичных эталонных полигонов. После этого была проведена классификация. Однако ввиду достаточно большой площади территории и схожести спектров некоторых типов первоначальная классификация нуждается в корректировке. Такая корректировка проводилась путем добавления вручную заданных эталонных полигонов, определенных по снимку Google высокого разрешения. Каждому типу наземного покрова соответствовало не менее 30—40 добавленных корректирующих объектов. Помимо уточнения контуров типов покрова, выделялись территории с большими площадями, которые не подходили ни под один ранее заданный класс. Таким

образом был создан дополнительный класс — горно-луговые яйлинские ландшафты.

Ввиду того, что территория имеет очень высокое ландшафтное разнообразие, разнообразие типов наземного покрова также высоко. Это значит, что схожее спектральное значение может иметь несколько таких типов, но будет выделяться автоматически в один. Для исправления такой ситуации были задействованы данные с натуральных наблюдений по 106 точкам. Имеет смысл разбить каждый тип наземного покрова на отдельный полигон и работать уже не с группами, а с отдельными единицами. Для этого растровый слой классифицированных типов был переведен в полигональную форму с помощью функции *Raster to Polygon*. В таблицу атрибутов отдельных полигонов заносили значения принадлежности к конкретному типу наземного покрова, опираясь на данные полевых исследований. После проведения процедуры корректировки отдельные полигоны с заданными классами необходимо было вновь сгруппировать. Помимо этого, было необходимо элиминировать и генерализировать объекты меньше рабочего масштаба с площадью менее 10 га при помощи функций инструмента *Generalization: Majority Filter, Boundary Clean, Region Group, Nibble*. Затем с помощью функции *Dissolve* полигоны объединили по принадлежности к определенному типу. В результате проведенной операции получили скорректированную карту по заданным новым классам.

Большинство типов наземного покрова представлены объектами площадного характера распространения и занимают площадь не менее в несколько десятков пикселей. Однако есть и такие типы, которые представлены относительно тонкими линейными объектами: реки и дороги, часто их размер менее размера пикселя (30 м). При автоматической классификации такие объекты часто дешифрируются в виде пунктирной линии. В связи с этим дороги были векторизованы вручную при помощи Google снимков, а реки — при помощи функций инструмента *Hydrology: Fill, Flow Direction, Flow Accumulation, Stream to Order, Stream to Feature* и также Google снимков. Векторизация дорог проводилась исключительно вручную, а водотоки изначально были выделены автоматически и затем скорректированы вручную. Весомым недостатком автоматического выделения водотоков стало несоответствие некоторых объектов, выделенных в такой способ реальным объектам, так как используя группу инструментов *Hydrology*, мы можем выделить абсолютно все математически, а не реально существующие объекты. Таким образом, лишние несуществующие объекты нужно элиминировать по принципу отсекаания водных объектов, имеющих самые низкие классы иерархической классификации. Для этого была использована функция *CON*, при помощи которой убрали водотоки до четвертого класса включительно (классификации Страллера), элиминировали минимальные, несуществующие в реальности водные объекты (балки, рытвины).

Результаты исследований и их обсуждение

Итогом проведенного моделирования стала карта наземного покрова Юго-Восточного Крыма (рис. 2).

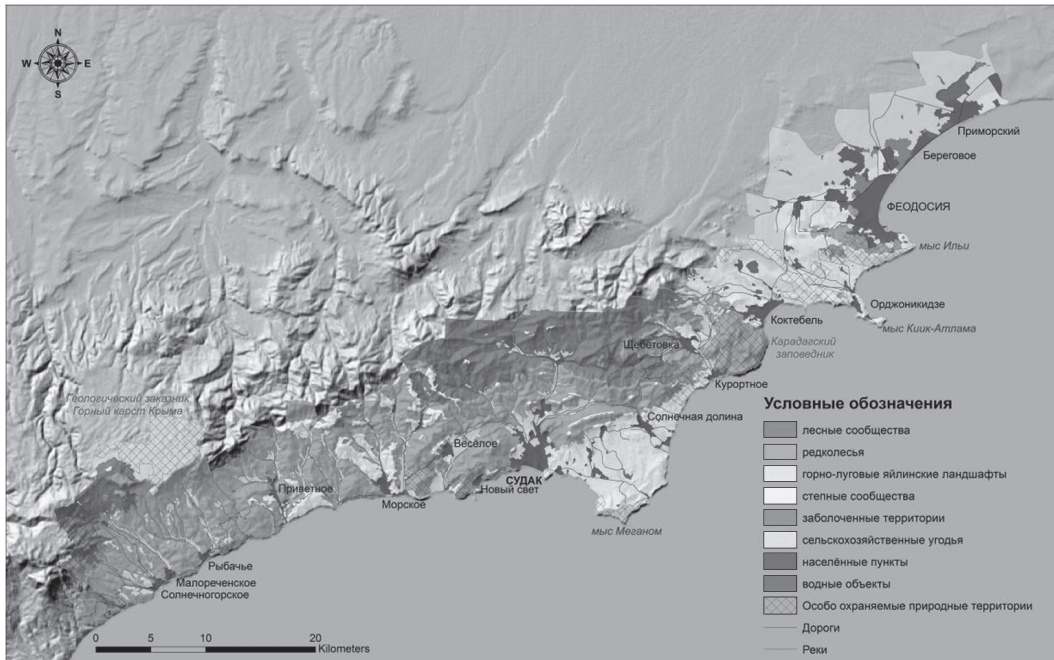


Рис. 2. Типы наземного покрова Юго-Восточного Крыма
(Types of land cover of the South-Eastern Crimea)

Легенда карты насчитывает 11 типов наземного покрова. Точность данной карты составляет 80% при использовании жесткой классификации и 90% при использовании скользящей классификации. Данными для валидации модели послужили космические снимки Google, а также данные полевых наблюдений по 106 точкам. В процессе проверки точности модели использовалась нежесткая классификация, суть которой заключалась в следующем: при помощи инструмента рандомного распределения сгенерировали 200 точек. Каждой точке был присвоен свой атрибут типа наземного покрова. Под слой точек был подгружен космический снимок Google, на основании которого и проводилась валидация.

Для проверки создана структура бальной оценки ошибок. Типы наземного покрова сгруппировали на схожие (степные сообщества, сельскохозяйственные угодья и т.д.) и весьма различные (водные объекты, лес и т.д.). При несоответствии типа в рамках схожей группы ставилась ошибка 0,5, при несоответствии типа наземного покрова в рамках несхожей группы ставилась ошибка 1. В конечном счете все ошибки суммировались и делились на общее число точек (таблица).

Таблица

Пример оценки точности модели
(An example of the accuracy evaluation of the model)

Id	Тип наземного покрова исходя из классификации	Тип наземного покрова, определенный с космоснимка	Грубая ошибка 1	Негрубая ошибка 0,5	Нет ошибки 0
1	Лесные сообщества	Лесные сообщества			+
2	Редколесья	Редколесья			+
3	Водные объекты	Водные объекты			+

Окончание табл. 1

Id	Тип наземного покрова исходя из классификации	Тип наземного покрова, определенный с космоснимка	Грубая ошибка 1	Негрубая ошибка 0,5	Нет ошибки 0
4	Сельскохозяйственные угодья	Степные сообщества		+	
5	Степные сообщества	Степные сообщества		+	
6	Горно-луговые яйлинские	Горно-луговые яйлинские		+	
7	Населенные пункты	Населенные пункты			+

В ходе проведения валидации не было выявлено грубых ошибок. Основной причиной такого точного расклада, скорее всего, послужило выделение небольшого числа типов наземного покрова и предварительное исправление ошибок по 106 точкам натуральных экспедиций. Негрубые ошибки составили около 10% от общего количества точек, т.е. 22 точки. Так как большая часть таких неточностей приходилась на стыки близких по спектральному значению классов, модель можно считать репрезентативной для 90% территории исследования.

Выделенные нами типы наземного покрова обоснованы рядом функциональных потребностей: минимально необходимым количеством типов для выбора площадок под размещение систем возобновляемой энергетики. Такое сочетание типов не является единственно возможным и, более того, максимальным при использовании указанных методов. Методы удобны тем, что в зависимости от потребностей исследователя можно выделить необходимые типы наземного покрова в количестве, желательно не превышающем 10—15 типов. Чисто технически возможно выделить и более 15 типов, однако такая классификация будет содержать слабовалидированную нерепрезентативную информацию, так как снимки Landsat 8 не дают возможности по использованию настолько детализированной спектральной информации. Снимков Google недостаточно для проверки более 15 классов. В таком случае натурные наблюдения должны охватывать всю территорию классификации с большой плотностью отбора данных.

Выводы

В работе проведено картографирование наземного покрова субсредиземноморских низкогорных ландшафтов на примере территории Юго-Восточного Крыма методами геоматики. Полученная карта имеет большой спектр применения как в теоретическом, так и в практическом плане. Данная карта является статической для определенного момента времени, если строить подобные карты каждый год, можно сделать серию карт по изменению наземного покрова, по которой было бы видно развитие территории.

Построение карт по выбранной методике может быть полезным при осуществлении территориального планирования, оценки экологической ситуации, изучении структуры, функционирования и динамики ландшафтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Бобра Т.В., Лычак А.И.* Карта современных ландшафтов Крыма // Геополитика и экодинамика регионов. 2010. Т. 6. Вып. 1-2. С. 101—104.

- [2] *Боков В.А., Бобра Т.В., Лычак А.И.* Геоэкологическая ситуация в Крыму // *Культура народов Причерноморья.* 1998. № 3. С. 13—18.
- [3] *Лычак А.И., Бобра Т.В.* Новые подходы к геоэкологическому анализу и прогнозу антропогенной трансформации ландшафтов Крыма // *Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «География».* 2012. Т. 25 (64). № 1. С. 146—154.
- [4] *Лычак А.И.* Некоторые аспекты разработки методики оценки геоэкологических ситуаций в Крыму на ландшафтной основе // *Культура народов Причерноморья.* 1998. № 5. С. 398—399.
- [5] *Позаченюк Е.А.* Введение в геоэкологическую экспертизу. Междисциплинарный подход, функциональные типы, объектные ориентации. Симферополь: Таврия, 1999.
- [6] *Позаченюк Е.А.* Ландшафтное разнообразие Крыма // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология.* 2015. Т. 1. № 4. С. 37—50.
- [7] *Позаченюк Е.А.* Экологическая экспертиза: природно-хозяйственные системы. Симферополь: Таврический экологический институт, 2003.
- [8] *Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий: монография / под ред. Е.А. Позаченюк.* Симферополь: Бизнес-Информ, 2009.
- [9] *Трансформация водного баланса в Крыму в XX веке — начале XXI века / под ред. В.А. Бокова.* Симферополь: ДОЛЯ, 2011.
- [10] *Экология Крыма / под ред. Н.В. Багрова, В.А. Бокова.* Симферополь: Крымское учебно-педагогическое издательство, 2003.
- [11] *Яковенко И.М., Дугаренко И.А.* Горный Крым: эволюция и география рекреационных функций. Симферополь: Ариал, 2014.
- [12] *Малеев В.П.* Растительность Южного Крыма // *Труды Никитского ботанического сада.* 1948. Т. 25. Вып. 1—2. С. 29—48.
- [13] *Fisher P.F., Comber A., Wadsworth R.* Land Use and Land Cover: Contradiction or Complement // *Fisher P.F., Unwin D.J., editors. In Re-presenting GIS.* London: John Wiley, 2005. P. 85—98.
- [14] *Геоинформационный портал ГИС-Ассоциации — геоматика.* Режим доступа: <http://www.gisa.ru/13078.html>. Дата обращения: 10.04.2016
- [15] *Круглов І.С., Божук Т.І.* Геоэкологічна інтерпретація рослинного покриву Українського Мармарошу за космічним зображенням ASTER VNIR // *Вісник Геодезії та Картографії.* 2004. № 3 (34). С. 48—52.
- [16] *Berberoglu S., Lloyd C.D., Atkinson P.M., Curran P. J.* The integration of spectral and textural information using neural networks for land cover mapping in the Mediterranean // *Computers & Geosciences.* 2000. Vol. 26, 4. P. 385—396.
- [17] *Blaschke T., Lang S., Lorup E., Strobl J., Zeil P.* Object-oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications // *Environmental Information for Planning, Politics and the Public.* 2000, Vol. 2. P. 555—570.
- [18] *Steele B.M.* Combining multiple classifiers. An application using spatial and remotely sensed information for land cover type mapping // *Remote Sensing of Environment.* 2000. Vol. 74, 3. P. 545—556.

© Горбунова Т.Ю., Гапон С.В., Горбунов Р.В., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 19 октября 2016

Дата принятия к печати: 20 ноября 2016

Для цитирования:

Горбунова Т.Ю., Гапон С.В., Горбунов Р.В. Картографирование типов наземных покровов субсредиземноморских низкорослых ландшафтов средствами геоматики (на примере Юго-

Восточного Крыма)// *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2017. Т. 25. № 1. С. 104—115.

Сведения об авторах:

Горбунова Татьяна Юрьевна, младший научный сотрудник ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского — природный заповедник РАН», аспирант кафедры физической географии, океанологии и ландшафтоведения Таврической академии ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского». *Контактная информация:* e-mail: gorbunovatyu@gmail.com

Гапон Сергей Викторович, аспирант кафедры физической географии Львовского национального университета им. Ивана Франко. *Контактная информация:* e-mail: gapon1sv@gmail.com

Горбунов Роман Вячеславович, кандидат географических наук, исполняющий обязанности директора ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского — природный заповедник РАН». *Контактная информация:* e-mail: karadag_station@mail.ru

MAPPING OF LAND COVER TYPES OF SUB-MEDITERRANEAN LOWMOUNTAIN LANDSCAPES BY MEANS OF GEOMATICS (SOUTH-EASTERN CRIMEA AS EXAMPLE)

T.Yu. Gorbunova^{1,2}, S.V. Gapon³, R.V. Gorbunov¹

¹ T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station — Nature Reserve of the RAS
ul. Nauki, 24 village. Spa, Feodosiya, Crimea Republic, Russia, 298188

² Taurida Academy, V.I. Vernadsky Crimean Federal University
pr. of Academician Vernadsky, Simferopol, Republic of Crimea, Russia, 4295007

³ Ivan Franko National University of Lviv
Universitetskaya, 1, Lviv, Ukraine, 79000

The work is dedicated to mapping of land cover types of sub-mediterranean lowmountain landscape by means of geomatics. The territory of South-Eastern Crimea was chosen as an example, which is one of the key touristic and recreational center of the peninsula. A variety of natural and man-made environments determines the suitability of the territory as a model object for mapping land cover types of sub-mediterranean lowmountain landscape. In the work we used satellite images Landsat 8, space service Google Earth images, map of Crimean land use, and field data. All calculations were performed in the program ArcGIS 10.2. The land cover map of South-Eastern Crimea became the result of the modelling. The accuracy of this map is 80%, when using a rigid classification, and 90% when using a sliding classification.

Key words: land cover, mapping, sub-Mediterranean lowmountain landscapes, South-Eastern Crimea

REFERENCES

- [1] Bobra T.V., Lychak A.I. Karta sovremennykh landshaftov Kryma // *Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions*. 2010. Vol. 6. №. 1-2. P. 101–104. (In Russ).
- [2] Bokov V.A., Bobra T.V., Lychak A.I. Geoekologicheskaya situatsiya v Krymu // *Kul'tura narodov Prichernomor'ya*. 1998. № 3. P. 13–18. (In Russ).
- [3] Lychak A.I., Bobra T.V. Novye podkhody k geoekologicheskomu analizu i prognozu antropogennoi transformatsii landshaftov Kryma // *Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. Series: Geography*. 2012. Vol. 25 (64). № 1. P. 146–154. (In Russ).
- [4] Lychak A.I. Nekotorye aspekty razrabotki metodiki otsenki geoekologicheskikh situatsii v Krymu na landshaftnoi osnove // *Kul'tura narodov Prichernomor'ya*. 1998. № 5. P. 398–399. (In Russ).
- [5] Pozachenyuk E.A. *Vvedenie v geoekologicheskuyu ekspertizu. Mezhdistsiplinarnyi podkhod, funktsional'nye tipy, ob"ektnye orientatsii*. Simferopol: Tavriya, 1999. (In Russ).
- [6] Pozachenyuk E.A. Landscape Diversity of Crimea // *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Series: Geography. Geology*. 2015. Vol 1. № 4. P. 37–50. (In Russ).
- [7] Pozachenyuk E.A. *Ekologicheskaya ekspertiza: prirodno-khozyaistvennye sistemy*. Simferopol: Tavricheskii ekologicheskii institut, 2003. (In Russ).
- [8] *Modern Landscapes of the Crimea and Adjacent Water Areas: Monograph* / E.A. Pozachenyuk, editor. Simferopol: Biznes-Inform, 2009. (In Russ).
- [9] *The Transformation of the Water Balance in the Crimea in the XX century — beginning of the XXI century* / V.A. Bokov, editor. Simferopol: DOLYA, 2011. (In Russ).
- [10] *Ekologiya Kryma* / Bagrov N.V., Bokov V.A., editors. Simferopol: Krymskoe uchebno-pedagogicheskoe izdatel'stvo, 2003. (In Russ).
- [11] Yakovenko I.M., Dugarenko I.A. *Gornyi Krym: evolyutsiya i geografiya rekreatsionnykh funktsii*. Simferopol: Arial, 2014. (In Russ).
- [12] Maleev V.P. Rastitel'nost' Yuzhnogo Kryma // *Trudy Nikitskogo botanicheskogo sada*. 1948. Vol. 25. № 1–2. P. 29–48. (In Russ).
- [13] Fisher P.F., Comber A., Wadsworth R. *Land Use and Land Cover: Contradiction or Complement* // Fisher P.F., Unwin D.J., editors. In *Re-presenting GIS*. London: John Wiley, 2005. P. 85–98.
- [14] Geoinformatsionnyi portal GIS-Assotsiatsii — geomatika. Available from: <http://www.gisa.ru/13078.html>. Accessed: April 10, 2016. (In Russ).
- [15] Kruglov I.S., Bozhuk T.I. Geoekologichna interpretatsiya roslinnogo pokryvu Ukraïnskogo Marmaroshu za kosmichnim zobrazhennyam ASTER VNIR // *Visnik Geodezii ta Kartografii*. 2004. № 3 (34). P. 48–52. (In Ua).
- [16] Berberoglu S., Lloyd C.D., Atkinson P.M., Curran P. J. The integration of spectral and textural information using neural networks for land cover mapping in the Mediterranean // *Computers & Geosciences*. 2000. Vol. 26, 4. P. 385–396.
- [17] Blaschke T., Lang S., Lorup E., Strobl J., Zeil P. Object-oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications // *Environmental Information for Planning, Politics and the Public*. 2000, Vol. 2. P. 555–570.
- [18] Steele B.M. Combining multiple classifiers. An application using spatial and remotely sensed information for land cover type mapping // *Remote Sensing of Environment*. 2000. Vol. 74, 3. P. 545–556.

Article history:

Received: 19 october 2016

Revised: 20 november 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Gorbunova T.Yu., Gapon S.V., Gorbunov R.V. (2017) Mapping of land cover types of sub-mediterranean low mountain landscapes by means of geomatics (South-Eastern Crimea as example). *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 104–115.

Bio Note:

Gorbunova T. Yu., Junior Researcher FGBUN «T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station — Nature Reserve of the RAS», PhD student, physical geography, oceanography and Landscape Department, Tauris Academy FGAOU IN, Vernadsky Crimean Federal University. *Contact information:* E-mail: gorbunovatyu@gmail.com

Gapon S. V., PhD student, Department of Physical Geography, Ivan Franko National University of Lviv. *Contact information:* E-mail: gapon1sv@gmail.com

Gorbunov R. V., PhD, Candidate of Geographical Sciences Alternate director, FGBUN «T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station — Nature Reserve of the RAS». *Contact information:* E-mail: karadag_station@mail.ru