

Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 3 (86). С. 78–88.  
Geology, geography and global energy. 2022; 3(86):78–88 (In Russ.).

Научная статья  
УДК 911.52 (477.75)  
doi 10.54398/20776322\_2022\_3\_78

**ДИНАМИКА ТИПОВ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА (LAND COVER)  
В ПРЕДЕЛАХ БАСЕЙНОВ РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО СКЛОНА КРЫМСКИХ ГОР**

**Владимир Александрович Табунщик<sup>1✉</sup>, Роман Вячеславович Горбунов<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН,  
Севастополь, Россия

<sup>1</sup>tabunshchik@ya.ru✉

<sup>2</sup>karadag\_station@mail.ru

**Аннотация.** В работе представлены результат изучения динамики типов наземного покрова (land cover) в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (на примере бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) с использованием различных наборов геоданных. Актуальность работы связана с постоянным ростом преобразования территории в пределах рассматриваемых бассейнов рек и в результате этого необходимостью изучения изменения различных типов наземного покрова. Цель работы – оценить динамику изменения типов наземного покрова в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор на основании открытых данных различных программ наблюдения за Землей из космоса. В работе используются как традиционные методы исследования (литературно-аналитический, сравнительно-географический, исторический, статистический и ряд других), так и новейшие методы исследования (геоинформационный). В работе проанализированы наборы геоданных Land Cover Climate Change Initiative (CCI), GlobeLand30, Esri Land Cover имеющие наибольший временной охват и полностью покрывающие территорию изучаемых бассейнов. Рассматриваемые наборы позволили отследить изменение типов наземного покрова с 1992 по 2020 г. Установлено, что за период с 1992 по 2020 г. в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор произошло сокращение площади лесного типа наземного покрова и увеличение селитебного и сельскохозяйственного типов земного покрова.

**Ключевые слова:** land cover, наземный покров, Крым, бассейн реки.

**Для цитирования:** Табунщик В. А., Горбунов Р. В. Динамика типов наземного покрова (land cover) в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор // Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 3 (86). С. 78–. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2022\\_3\\_78](https://doi.org/10.54398/20776322_2022_3_78).

**LAND COVER DYNAMICS OF RIVER BASINS OF THE NORTH-WESTERN SLOPE  
OF THE CRIMEAN MOUNTAINS**

**Vladimir A. Tabunshchik<sup>1✉</sup>, Roman V. Gorbunov<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (IBSS),  
Sevastopol, Russia

<sup>1</sup>tabunshchik@ya.ru✉

<sup>2</sup>karadag\_station@mail.ru

**Abstract.** The result of studying of land cover dynamics of river basins of the north-western slope of the Crimean Mountains (Zapadnyy Bulganak, Alma, Kacha, Belbek, Chernaya river basins) using various sets of geodata are presented. The relevance of the work is associated with the constant growth of the transformation of the territory within the river basins under consideration and, as a result, the need to study changes in various types of land cover. The aim of the work is to assess the dynamics of changes in the types of ground cover within the river basins of the north-western slopes of the Crimean Mountains on the basis of open data from various Earth observation programs from

space. In the work both traditional research methods (literary-analytical, comparative-geographical, historical, statistical and a number of others) and the latest research methods (geoinformation) are used. The geodata sets of the Land Cover Climate Change Initiative (CCI), GlobeLand30, Esri Land Cover with the greatest time coverage and completely covering the territory of the studied basins are analyzed. During the period from 1992 to 2020, in the river basins of the north-western slopes of the Crimean Mountains, there was a reduction in the area of forest-type land cover and an increase in residential and agricultural types of land cover are founded.

**Keywords:** land cover, Crimea, river basin.

**For citation:** Tabunshchik V. A., Gorbunov R. V. Land cover dynamics of river basins of the north-western slope of the Crimean Mountains. *Geology, geography and global energy*. 2022; 3(86):79–. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2022\\_3\\_78](https://doi.org/10.54398/20776322_2022_3_78).

**Введение.** Дистанционные методы исследования в последние годы стали все активнее применяться в различных отраслях человеческой деятельности – сельском хозяйстве, ландшафтном планировании, географических исследованиях. В иностранной литературе в большей степени, и в отечественной в меньшей, в последние годы большое внимание уделяется использованию моделей и наборов геоданных land use / land cover [1; 3; 7; 8; 14; 17; 20; 21; 23; 26]. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO) указывает, что наземный покров представляет собой наблюдаемый (био)физический покров на поверхности земли.

Использование наборов геоданных обладает существенным преимуществом по сравнению с традиционными методами, так как позволяют по новому взглянуть на объект исследования расширить его до масштабов, которые не поддаются кратковременному полевому исследованию или требуют привлечения огромного количества исследователей для сбора материала который может быть получен единоразово с комического аппарата. Е. F. Lambin с соавторами отмечают [21], что изменения на земной поверхности и в растительном покрове настолько повсеместны, что в глобальном масштабе они существенно влияют на ключевые аспекты функционирования экосистемы Земли в целом.

Изучение и характеристика типов наземного покрова (land cover) строится на использовании мультиспектральных космических снимков (Landsat, Sentinel, MODIS и др.), которые позволяют выделить различные типы наземного покрова. Существует довольно большое разнообразие наборов данных с типами наземного покрова – от глобальных до региональных. Главным достоинством моделей наземного покрова (land cover) состоит в том, что они создаются чаще всего на определенный год и с использованием разновременных космических снимков, что позволяет отслеживать динамику основных типов наземного покрова в пределах рассматриваемой территории [9; 15]. В последние годы появляется большое количество работ по оценке изменения наземного покрова в различных частях мира – Abdullah A. Y. M. et al. [3] оценили изменение наземного покрова в Бангладеше, Collin H. et al. [8] – в США, Kabir Uddin et al. [17] – в Непале, Li J. et al. [23] – в Китае, Iqbal M.F. и Khan I.A. [16] – в Пакистане, Vaig M.F. et al. [6] – в Малайзии, El Gammal, E.A. et al. [12] – в Египте, Regasa M. S. et al. [25] – в Эфиопии. Так же, в последние годы наметилась тенденция к исследованию изменения типов наземного покрова (land cover) в бассейнах рек. Например, Rimal B. et al. [26] рассмотрели изменение типов растительного покрова в бассейне реки Коси (приток Ганга) в Непале; Koneti S. et al. [18] – в бассейне реки Годавари (Индия); Awotwi A. et al. [11] – в бассейне реки Тапероа в Бразилии; Koneti S. et al. [5] – в бассейне реки Пра (Гана); Lee E. et al. [22] – в бассейне реки Парана в Южной Америке; Twine T. E. et al. [29] – в бассейне реки Миссисипи (США).

Вызывает недоумение тот факт, что в России, слабо разработана собственная современная система выделения типов наземного покрова на основании ДЗЗ, хотя Россия имеет собственные космические спутники и получает различную космическую информацию. Стоит отметить работы Schepaschenko D. et al. [27], Fischer G. et al. [13], в которых приводится покрытие для территории России, и большое количество работ регионального масштаба [19; 24; 30], выполненные для отдельных территорий

России, которые, стоит сказать, не учитывают территорию Крымского полуострова. Также имеются работы по теоретическим проблемам исследования типов наземного покрова [7; 9 и др.].

Цель работы – оценить динамику изменения типов наземного покрова в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор на основании открытых данных различных программ наблюдения за Землей из космоса.

**Материалы и методы.** В работе приводится сравнение нескольких типов наземного покрова имеющимся в свободном доступе. Рассмотрим их более подробно.

Модель CORINE Land Cover (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>) построенная Европейским космическим агентством не включает территорию Крымского полуострова и построена выборочно. Так, например, существуют данные о характеристике наземного покрова для территории Польши, Эстонии, Латвии и Литвы, в то время как расположенная между этими странами Калининградская область России не имеет данных о наземном покрове в рамках модели CORINE Land Cover.

Представляют интерес, также, данные о типах наземного покрова Copernicus Global Land Cover (<https://lcviewer.vito.be/download>), разработанные в рамках реализации программы Copernicus Европейского космического агентства [7] и имеющие пространственное разрешение 100 м и рассматривает динамику наземного покрова с 2015 по 2019 г., однако для рассматриваемой территории ее данные показали спорные результаты и в данной работе не рассматриваются.

Существуют наборы данных, созданные специально на определенную дату и не имеющие целью изучение ежегодной динамики наземного покрова. Однако в большинстве своем они могут быть использованы в других наборах данных. Например, набор данных GlobCover Land Cover Maps [4] содержит данные о наземном покрове за 2009 г.

Представляют интерес наборы данных MODIS Land Cover, содержащий подразделение типов наземного покрова на 17 классов, однако имеющий разрешение 500 м [28].

Для территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор были выбраны наиболее подходящие модели типов земельного покрова, содержащие информацию о его динамике. Рассмотрим их более подробно.

Набор Land Cover Climate Change Initiative (CCI) имеет пространственное разрешение 300 м и охватывает период с 1992 по 2020 г. [10]. Данные за период с 1992 по 2015 г. доступны для загрузки по адресу: <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download.php>, а с 2016 по 2020 г. – <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/satellite-land-cover?tab=form>. Они созданы по инициативе Европейского космического агентства (ЕКА) по изменению климата (CCI). Визуализация полученных данных представлена на <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php>.

Набор GlobeLand30 ([http://www.globallandcover.com/home\\_en.html](http://www.globallandcover.com/home_en.html)) представляет особый интерес и содержит глобальное покрытие земного шара с пространственным разрешением 30 м [14], что значительно превосходит вышеописанные наборы данных. Набор GlobeLand30 включает 10 типов земной поверхности (обрабатываемые земли, леса, луга, кустарники, водно-болотные угодья, водоемы, тундра, искусственные поверхности, непокрытые поверхности, многолетний снег и лед) и показывает динамику их изменения за 2000, 2010 и 2020 гг. Основой для разработки послужили материалы комических снимков Landsat и Chinese HJ-1.

Особый интерес вызывают данные о наземном покрове Esri Land Cover (<https://livingatlas.arcgis.com/landcover/>) с высоким пространственным разрешением 10 м на основе данных спутниковых снимков Sentinel-2 Европейского космического агентства (ESA). В ее основу положены новые алгоритмы машинного обучения в сотрудничестве Esri с технологической компанией Impact Observatory и корпорацией Microsoft. Легенда классификатора содержит 10 основных типов наземного покрова: 1 – водный покров, 2 – древесный покров, 3 – травянистый покров, 4 – водная растительность, 5 – посевы (сельскохозяйственное покрытие), 6 – кустарниковое покрытие; 7 – застроенные территории; 8 – голые территории, 9 – снег/лед, 10 – облака (не идентифицированные территории из-за постоянного облачного покрова).

В работе использованы геоинформационный (работа с наборами геоданных, картометрические вычисления, запросы к базам данных), статистический (статистическая обработка полученных данных), литературно-аналитический (анализ литературных данных, подбор материалов для исследования), исторический (сравнение рядов данных) и ряд других методов исследования. Оцифровка и анализ геоданных выполнен с использованием программного комплекса ArcGIS.

**Результаты и обсуждение.** Учитывая тот факт, что различные наборы пространственных данных о типах наземного покрова созданы с использованием различных алгоритмов и содержат на выходе типы наземного покрова созданные по различным критериям классификации имеются сложности со сравнением различных наборов геоданных. Однако в то же время легенды большинства наборов геоданных содержат информацию об одних и тех же типах (лесной, селитебный, водный) наземного покрова.

Рассмотрим изменение наземного покрова в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор.

1. **Набор данных Globcover 2009** содержит данные о типах наземного покрова за один выбранный год (рис. 1) и в связи с этим подробно в работе не рассматривается.

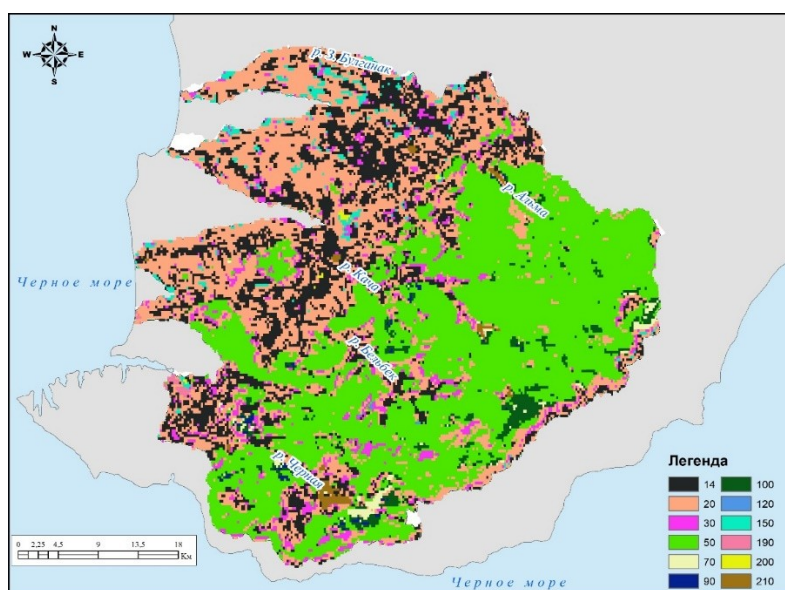


Рисунок – 1. Набор типов наземного покрова Globcover 2009 в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная): 14 – Rainfed croplands; 20 – Mosaic Cropland (50–70 %) / Vegetation (grassland, shrubland, forest) (20–50 %); 30 – Mosaic Vegetation (grassland, shrubland, forest) (50–70 %) / Cropland (20–50 %); 50 – Closed (>40 %) broadleaved deciduous forest (>5m); 70 – Closed (>40 %) needleleaved evergreen forest (>5m); 90 – Open (15–40 %) needleleaved deciduous or evergreen forest (>5m); 100 – Closed to open (>15 %) mixed broadleaved and needleleaved forest (>5m); 120 – Mosaic Grassland (50–70 %) / Forest/Shrubland (20–50 %); 150 – Sparse (>15 %) vegetation (woody vegetation, shrubs, grassland); 190 – Artificial surfaces and associated areas (urban areas >50 %); 200 – Bare areas; 210 – Water bodies

2. **Esri Land Cover** представляет наибольшую ценность с точки зрения пространственного разрешения при выполнении анализа, несомненно разрешение 10 м существенно и наиболее детальное из все вариантов, представленных в работе. Среди недостатков следует отметить то, что этот набор данных охватывает только последние несколько лет (рис. 2, табл. 1).

В таблице 1 представлено распределение типов наземного покрова по набору данных Esri Land Cover в пределах бассейна реки Альма. Во всех бассейнах кроме бассейна р. Западный Булганак преобладает древесный покров, в то время как в бас-

сейне р. Западный Булганак – сельскохозяйственный тип покрытия. Наблюдается рост количества застроенных территорий и сокращение лесопокрытых участков.

Таблица 1 – Распределение типов наземного покрова (км<sup>2</sup>) в пределах бассейна реки Западный Булганак по набору данных Esri Land Cover

	2017	2018	2019	2020	2021
Водный покров	3,8	3,8	3,7	2,8	3,1
Древесный покров	306,3	306,7	298,8	294,7	278,4
Сельскохозяйственный покров	124,4	124,4	117,1	117,0	131,3
Застроенные территории	33,9	35,2	36,6	37,8	37,5
Голые территории	1,0	1,9	1,6	1,8	0,6
Кустарниковое покрытие	162,4	159,7	174,0	177,7	180,9



Рисунок 2 – Изменение площади типов наземного покрова по набору данных Esri Land cover в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) с 2017 по 2021 г.

Этот набор позволяет отчетливо отличить территории без покрова, где четко выделяется территория строительства трассы Таврида. В то же время, учитывая пространственное разрешение набора Esri Land Cover, он единственный показал изменение площадей водохранилищ естественного стока в пределах бассейнов рассматриваемой территории, которые, как показано в работе [2], ввиду маловодности 2019 и 2020 гг. значительно сократили свои запасы.

**3. Набор данных Land Cover CCI** имеет наибольший ряд наблюдений среди всех представленных (1992–2020), однако среднее значение пространственного разрешения – 300 м, что говорит об усреднении многих классов, в пределах пикселя изображения. К тому же он содержит довольно сложную легенду (см. условные обозначения к рисунку 4), которая, однако, намного подробнее чем представленные в других наборах данных о наземном покрове, что придает ей большую ценность.

На рисунке 4 представлена картографическая визуализация, а на рисунке 5 графики изменения типов наземного покрова в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная).

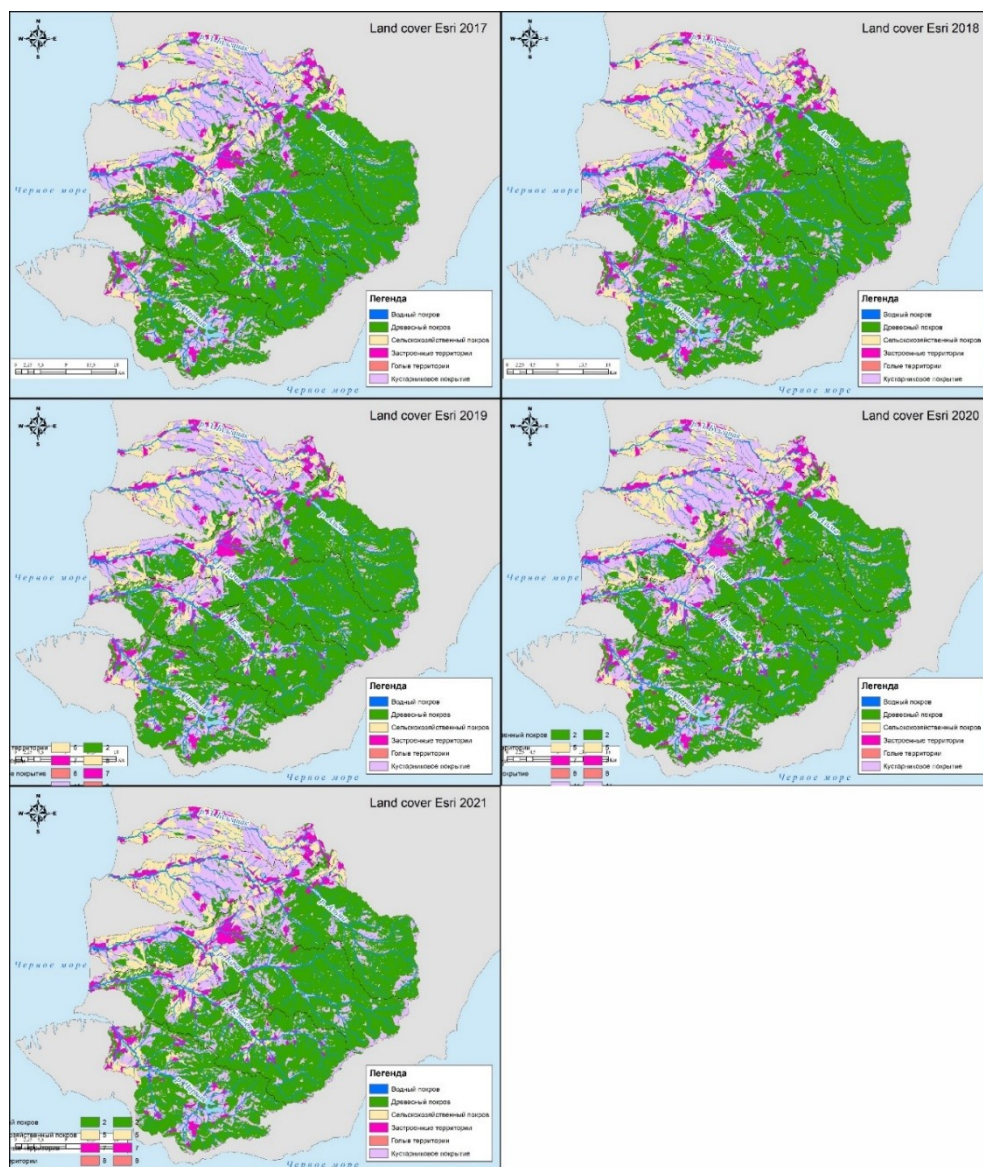


Рисунок 3 – Land cover Esri в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) в 1992 г.

Анализ изменения типов наземного покрова по набору данных Land cover CCI в пределах рассматриваемой территории показывает, что с 1992 по 2020 г. площади земель под селитебными территориями увеличилась в 2,6 раза, также примерно в 1,5 раза произошло увеличение территорий с мозаичным покровом из травянистых растений, деревьев и кустарников. Увеличение вышеупомянутых типов наземного покрова, при неизменной конфигурации и площади бассейнов, связано в первую очередь с сокращением лесов и древесного покрова с покрытием более 15 %. В общем на рассматриваемой территории площадь древесного (лесного) покрытия уменьшилась примерно на 85 км<sup>2</sup>, т.е. примерно на 7 %.

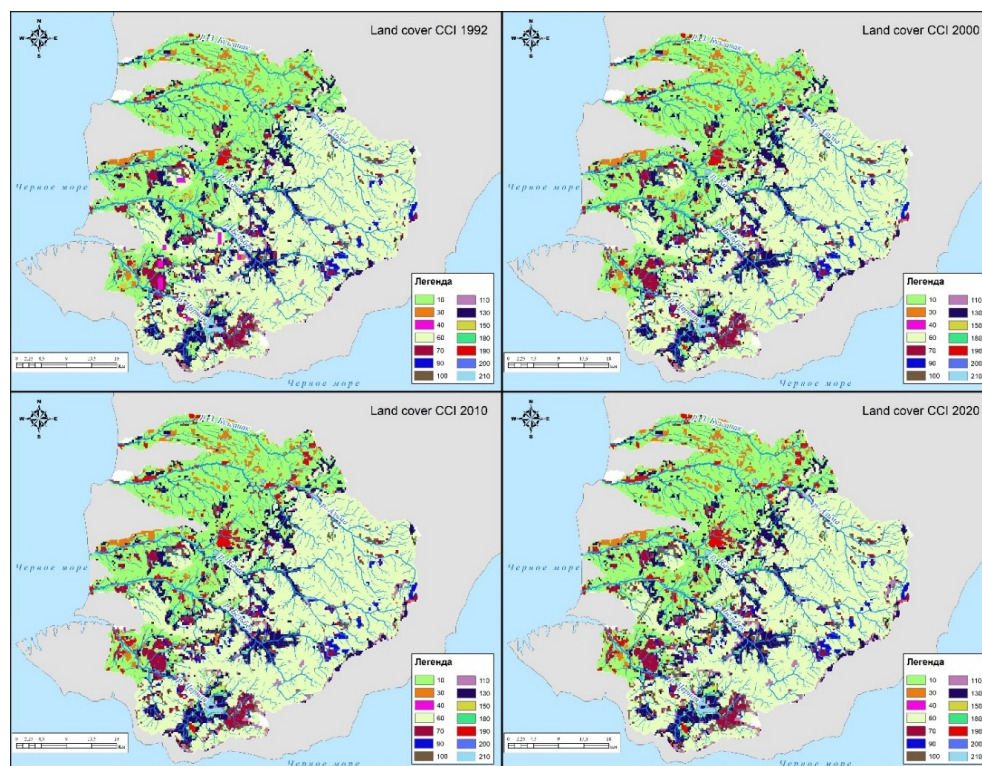


Рисунок 4 – Land cover CCI в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) в 1992–2020 гг.: 10 – пахотные земли; 30 – мозаичные пахотные земли (>50 %) / естественная растительность (деревья, кустарники, травянистый покров) (<50 %); 40 – мозаичная естественная растительность (деревья, кустарники, травянистый покров) (>50 %) / пахотные земли (<50 %); 60 – древесный покров, широколиственный, лиственный, закрытый или открытый (>15 %), 70 – древесный покров, хвойный, вечнозеленый, закрытый или открытый (>15 %); 90 – древесный покров, смешанный тип листвы (широколиственный и хвойный); 100 – мозаичные деревья и кустарники (>50 %) / травянистый покров (<50 %); 110 – мозаичный травянистый покров (>50 %) / деревья и кустарники (<50 %); 130 – луга; 150 – редкая растительность (деревья, кустарники, травянистый покров) (<15 %); 180 – кустарниковый или травянистый покров, затопленный, пресная / соленая / пресная вода; 190 – селитебные территории; 200 – голые участки; 210 – водные объекты.

В общем аналогичная ситуация характерна и для каждого бассейна (рис. 6–10) по отдельности, за исключением бассейна р. Западный Булганак, обособляющегося в силу его значительного хозяйственного освоения. Здесь рост урбанизированного покрова отчетливо наблюдается за счет сокращения сельскохозяйственного покрова поверхности земли. В бассейне реки Черная наблюдается рост селитебного покрова поверхности в 3,8 раза, в бассейне реки Бельбек – в 2,7 раза, в бассейне реки Кача – в 1,9 раза, в бассейне реки Альма – в 2,7 раза, в бассейне реки Западный Булганак – в 3,1 раза. В бассейнах рек Альма, Кача, Черная и Бельбек наиболее сократилась площадь древесного покрова с проективным покрытием более 15 %.

Верификация данных, представленных на моделях Land cover CCI, проводилась путем сравнения реальных значений на 2020 г. по космическим снимкам и полученной по результатам обработки модели Land cover CCI за 2020 г. Для этого в пределах каждого бассейна создана сетка нерегулярных случайных полигонов с разрешением модели Land cover CCI (300×300 м) в которых и проводилось сравнение. Точность рассматриваемых данных для бассейна реки Черная составила 86 %, для бассейна реки Бельбек – 90 %, для бассейна реки Кача – 90 %, для бассейна реки Альма – 92 %, для бассейна реки Западный Булганак – 96 %. Еще одним фактором, подтверждающим визуальную верификацию моделей Land cover CCI, является наличие на геоданных за

2020 г. выраженных изменений территории и Land cover ССИ вдоль прохождения трассы Таврида (особенно в бассейне реки Бельбек). Также косвенно точность данных подтверждает и наличие водных объектов, которые в пределах рассматриваемой территории за период с 1992 по 2020 г. оставались практически с неизменной площадью в рамках масштаба данной модели.

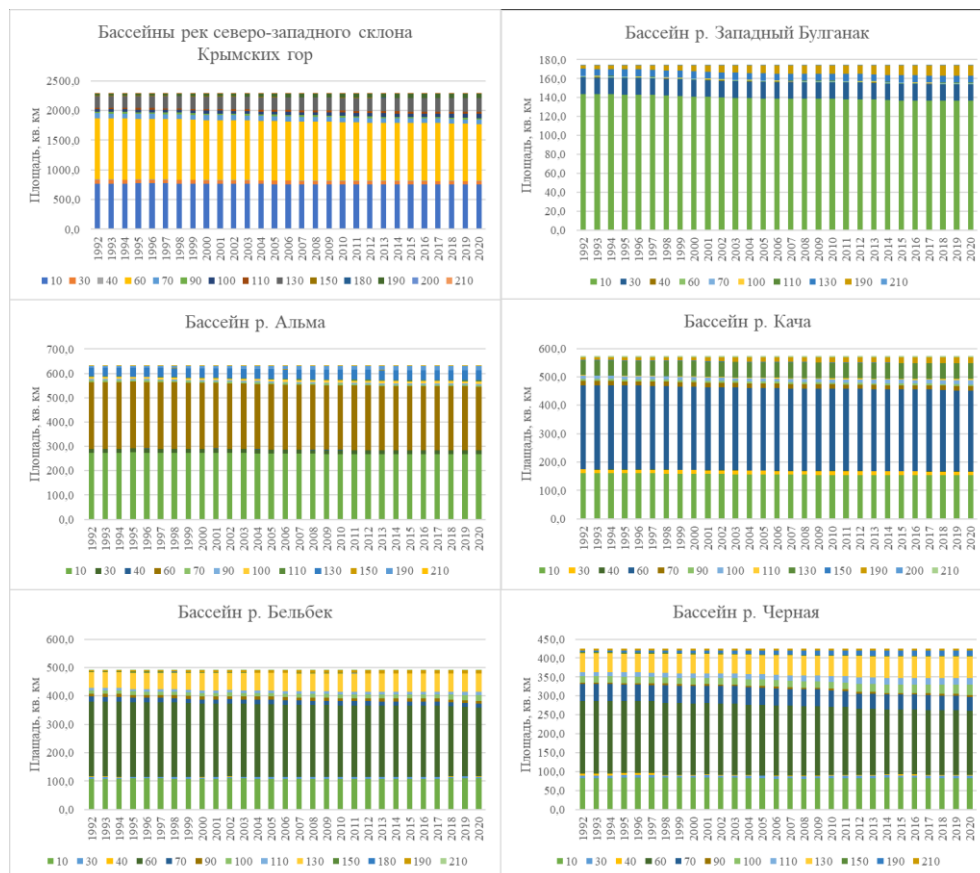


Рисунок 5 – Изменение площади типов наземного покрова по набору данных Land cover ССИ в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) с 1992 по 2020 г.

**Выводы.** Наборы данных о типах наземного покрова (land cover) могут активно применять при исследовании динамики ландшафтов и экосистем различных территорий. В пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор проанализированы различные наборы данных о наземном покрове и их динамике. Установлено, что на рассматриваемой территории в бассейне реки Западный Булганак преобладает сельскохозяйственный тип наземного покрова, в то время как в бассейнах остальных рассматриваемых рек – древесный тип наземного покрова. Анализ временных рядов динамики типов наземного покрова показал что в пределах всех речных бассейнов наблюдается тенденция к увеличению антропогенной нагрузки, которая связана с сокращением «природных» типов наземного покрова (древесный, кустарниковый и пр.) и увеличению созданных человеком типов наземного покрова, особенно селитебного покрова.

*Исследование выполнено в рамках темы НИР «Изучение пространственно-временной организации водных и сухопутных экосистем с целью развития системы оперативного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий. Регистрационный номер: 121040100327-3».*



**Список источников**

1. Зарубин О. А. Технологический процесс проектирования карт Land cover на базе многозональных космических снимков // *Современные научные исследования и инновации*. 2016. № 9 (65). С. 325–328.
2. Табунщик В.А. Изменение площади зеркал водохранилищ естественного стока на территории Крымского полуострова (сравнение данных на начало апреля 2019 и 2020 года) // *Геополитика и экогеодинамика регионов*. 2020. Т. 6. № 4. С. 181–190.
3. Abdullah A. Y. M., et al. Spatio-temporal patterns of land use/land cover change in the heterogeneous coastal region of Bangladesh between 1990 and 2017 // *Remote Sensing*. 2019. Vol. 11 (7). P. 790.
4. Arino O., et al. GlobCover ESA service for Global land cover from MERIS // *Int. Geosci. Remote Sens. Symp.* 2007. July. P. 2412–2415.
5. Awotwi A. et al. Water balance responses to land-use/land-cover changes in the Pra River Basin of Ghana, 1986–2025 // *Catena*. 2019. Vol. 182. P. 104129.
6. Baig M.F., Mustafa M.R.U., Baig I., Takaijudin H.B., Zeshan M.T. Assessment of Land Use Land Cover Changes and Future Predictions Using CA-ANN Simulation for Selangor, Malaysia // *Water*. 2022. Vol. 14. P. 402.
7. Buchhorn M., et al. Copernicus global land cover layers-collection 2 // *Remote Sensing*. 2020. Vol. 12(6). P. 1044.
8. Collin H., et al. Conterminous United States land cover change patterns 2001–2016 from the 2016 national land cover database // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2020. Vol. 162. P. 184–199.
9. Congalton R.G., Gu, J.Y., Yadav K., Thenkabail P., Ozdogan M. Global Land Cover Mapping: A Review and Uncertainty Analysis // *Remote Sens.* 2014. Vol. 6. P. 12070–12093.
10. Defourny P., Kirches G., Brockmann C., Boettcher M., Peters M., Bontemps S., Lamarche C., Schlerf M., Santoro M. Land Cover CCI: Product User Guide Version 2. UCL-Geomatics: Ottignies-Louvain-la-Neuve, Belgium, 2015. 91 p.
11. Silva L. P. et al. Modeling land cover change based on an artificial neural network for a semiarid river basin in northeastern Brazil // *Global Ecology and Conservation*. 2020. Vol. 21. P. e00811.
12. El Gammal E. A., Salem S. M., El Gammal A. E. A. Change detection studies on the world's biggest artificial lake (Lake Nasser, Egypt) // *Egypt. J. Remote Sens. Space Sci.* 2010. Vol. 13. P. 89–99.
13. Fischer G., Stolbovoi V., Savin I. Y., Roshkov V. The LUC Approach to Creating a Continental-Scale Land-Cover Database for Russia // *IIASA Working Paper*. Laxenburg, Austria, 1995. WP-95-129.
14. Gong P. et al. Finer resolution observation and monitoring of global land cover: First mapping results with Landsat TM and ETM+ data // *Int. J. Remote Sens.* 2013. Vol. 34. P. 2607–2654.
15. Grekousis G., Mountrakis G., Kavouras M. An overview of 21 global and 43 regional land-cover mapping products // *Int. J. Remote Sens.* 2015. Vol. 36. P. 5309–5335.
16. Iqbal M. F., Khan I. A. Spatiotemporal land use land cover change analysis and erosion risk mapping of Azad Jammu and Kashmir, Pakistan // *the Egyptian journal of remote sensing and space science*. 2014. Vol. 17, № 2. P. 209–229.
17. Kabir Uddin, et al. Development of 2010 national land cover database for the Nepal // *Journal of environmental management*. 2015. Vol. 148. P. 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.047>.
18. Koneti S., Sunkara S. L., Roy P. S. Hydrological modeling with respect to impact of land-use and land-cover change on the runoff dynamics in Godavari River Basin using the HEC-HMS model // *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2018. Vol. 7 (6). P. 206.
19. Kumpula T. et al. Land use and land cover change in Arctic Russia: Ecological and social implications of industrial development // *Global Environmental Change*. 2011. Vol. 21(2). P. 550–562.
20. Lambin E. F., Geist H. J., Lepers E. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions // *Annual review of environment and resources*. 2003. V. 28 (1). P. 205–241.
21. Lambin Eric F. et al. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths // *Global Environmental Change*. 2001. Vol. 11, iss. 4. P. 261–269.
22. Lee E., Livino A., Han S.C. et al. Land cover change explains the increasing discharge of the Paraná River // *Reg. Environ. Change*. 2018. Vol. 18. P. 1871–1881.
23. Li J., Wang Z., Lai C., Wu X., Zeng Z., Chen X., Lian Y. Response of net primary production to land use and land cover change in mainland China since the late 1980s // *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 639. P. 237–247.

24. Milanova E. Land use/cover change in Russia within the context of global challenges // Rom. J. Geogr. 2012. Vol. 56 (2). P. 105–116.
25. Regasa M. S., Nones M., Adeba D. A review on land use and land cover change in Ethiopian basins // Land. 2021. Vol. 10 (6). P. 585.
26. Rimal B., et al. Effects of land use and land cover change on ecosystem services in the Koshi River Basin, Eastern Nepal // Ecosystem services. 2019. Vol. 38. P. 100963.
27. Schepaschenko D., McCallum I., Shvidenko A., Fritz S., Kraxner S., Obersteiner M. A New Hybrid Land Cover Dataset for Russia: A Methodology for Integrating Statistics, Remote Sensing and In Situ Information // Journal of Land Use Science. 2011. Vol. 6 (4). P. 245–259.
28. Sulla-Menashe D., Gray J. M., Abercrombie S. P., Friedl M. A. Hierarchical mapping of annual global land cover 2001 to present: The MODIS Collection 6 Land Cover product // Remote Sens. Environ. 2019. Vol. 222. P. 183–194.
29. Twine T. E., Kucharik C. J., Foley J. A. Effects of Land Cover Change on the Energy and Water Balance of the Mississippi River Basin // Journal of Hydrometeorology. 2004. Vol. 5 (4). P. 640–655.
30. Walker D. A. et al. Cumulative effects of rapid land-cover and land-use changes on the Yamal Peninsula, Russia // Eurasian Arctic land cover and land use in a changing climate. Springer, Dordrecht, 2010. P. 207–236.

### References

1. Zarubin O. The technological process of designing the maps Land cover on the base of multi-spectral satellite imagery. *Modern scientific researches and innovations*. 2016; 9(65):325–328 (In Russ.)
2. Tabunshchik V. A. Changes in the area of natural runoffreservoirs in the Crimean Peninsula (april 2019 and 2020). *Geopolitics and Ecogeodynamics of regions*. 2020; 6(4):181–190 (In Russ.)
3. Abdullah A. Y. M. et al. Spatio-temporal patterns of land use/land cover change in the heterogeneous coastal region of Bangladesh between 1990 and 2017. *Remote Sensing*. 2019;11(7):790.
4. Arino O. et al. GlobCover ESA service for Global land cover from MERIS. *Int. Geosci. Remote Sens. Symp.* 2007; July:2412–2415.
5. Awotwi A. et al. Water balance responses to land-use/land-cover changes in the Pra River Basin of Ghana, 1986–2025. *Catena*. 2019; 182:104129.
6. Baig M. F., Mustafa M. R. U., Baig I., Takaijudin H. B., Zeshan M. T. Assessment of Land Use Land Cover Changes and Future Predictions Using CA-ANN Simulation for Selangor, Malaysia. *Water*. 2022;14:402.
7. Buchhorn M. et al. Copernicus global land cover layers-collection 2. *Remote Sensing*. 2020;12(6):1044.
8. Collin H. et al. Conterminous United States land cover change patterns 2001–2016 from the 2016 national land cover database. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2020;162:184–199.
9. Congalton R. G., Gu J. Y., Yadav K., Thenkabil P., Ozdogan M. Global Land Cover Mapping: A Review and Uncertainty Analysis. *Remote Sens*. 2014;6:12070–12093.
10. Defourny P., Kirches G., Brockmann C., Boettcher M., Peters M., Bontemps S., Lamarche C., Schlerf M., Santoro M. *Land Cover CCI: Product User Guide Version 2*. UCL-Geomatics: Ottignies-Louvain-la-Neuve, Belgium, 2015:91 p.
11. e Silva L. P. et al. Modeling land cover change based on an artificial neural network for a semiarid river basin in northeastern Brazil. *Global Ecology and Conservation*. 2020; 21:e00811.
12. El Gammal E. A., Salem S. M., El Gammal A. E. A. Change detection studies on the world's biggest artificial lake (Lake Nasser, Egypt). *Egypt. J. Remote Sens. Space Sci.* 2010;13:89–99.
13. Fischer G., Stolbovoi V., Savin I.Y., Roshkov V. The LUC Approach to Creating a Continental-Scale Land-Cover Database for Russia. *IIASA Working Paper*. Laxenburg, Austria, 1995:WP-95–129.
14. Gong P., et al. Finer resolution observation and monitoring of global land cover: First mapping results with Landsat TM and ETM+ data. *Int. J. Remote Sens*. 2013; 34:2607–2654.
15. Grekousis G., Mountrakis G., Kavouras M. An overview of 21 global and 43 regional land-cover mapping products. *Int. J. Remote Sens*. 2015;36:5309–5335.
16. Iqbal M. F., Khan I. A. Spatiotemporal land use land cover change analysis and erosion risk mapping of Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *the Egyptian journal of remote sensing and space science*. 2014;17(2):209–229.
17. Kabir Uddin et al. Development of 2010 national land cover database for the Nepal. *Journal of environmental management*. 2015;148:82–90. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.047>.

18. Koneti S., Sunkara S.L., Roy P.S. Hydrological modeling with respect to impact of land-use and land-cover change on the runoff dynamics in Godavari River Basin using the HEC-HMS model. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2018;7(6):206.
19. Kumpula T. et al. Land use and land cover change in Arctic Russia: Ecological and social implications of industrial development. *Global Environmental Change*. 2011;21(2):550–562.
20. Lambin E. F., Geist H. J., Lepers E. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual review of environment and resources*. 2003;28(1):205–241.
21. Lambin Eric F., et al. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*. 2001;11(4):261–269.
22. Lee E., Livino A., Han S.C. et al. Land cover change explains the increasing discharge of the Paraná River. *Reg. Environ. Change*. 2018;18:1871–1881.
23. Li J., Wang Z., Lai C., Wu X., Zeng Z., Chen X., Lian Y. Response of net primary production to land use and land cover change in mainland China since the late 1980s. *Science of the Total Environment*. 2018;639:237–247.
24. Milanova E. Land use/cover change in Russia within the context of global challenges. *Rom. J. Geogr.* 2012; 56(2):105–116.
25. Regasa M. S., Nones M., Adeba D. A review on land use and land cover change in Ethiopian basins. *Land*. 2021; 10(6):585.
26. Rimal B., et al. Effects of land use and land cover change on ecosystem services in the Koshi River Basin, Eastern Nepal. *Ecosystem services*. 2019; 38:100963.
27. Schepaschenko D., McCallum L., Shvidenko A., Fritz S., Kraxner S., Obersteiner M. A New Hybrid Land Cover Dataset for Russia: A Methodology for Integrating Statistics, Remote Sensing and In Situ Information. *Journal of Land Use Science*. 2011; 6(4):245–259.
28. Sulla-Menashe D., Gray J.M., Abercrombie S.P., Friedl M.A. Hierarchical mapping of annual global land cover 2001 to present: The MODIS Collection 6 Land Cover product. *Remote Sens. Environ.* 2019; 222:183–194.
29. Twine T. E., Kucharik C. J., Foley J. A. Effects of Land Cover Change on the Energy and Water Balance of the Mississippi River Basin. *Journal of Hydrometeorology*. 2004; 5 (4):640–655.
30. Walker D. A. et al. Cumulative effects of rapid land-cover and land-use changes on the Yamal Peninsula, Russia. *Eurasian Arctic land cover and land use in a changing climate*. Springer, Dordrecht, 2010:207–236.

#### **Информация об авторах**

**В. А. Табунщик** – младший научный сотрудник;  
**Р. В. Горбунов** – кандидат географических наук, директор.

#### **Information about the authors**

**V. A. Tabunshchik** – Junior Researcher;  
**R. V. Gorbunov** – Candidate of Sciences (Geographical), Director.

#### **Вклад авторов**

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Contribution of the authors**

The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.07.2022; одобрена после рецензирования 19.07.2022; принята к публикации 27.07.2022.

The article was submitted 11.07.2022; approved after reviewing 19.07.2022; accepted for publication 27.07.2022.