

**РАЗДЕЛ 3.
ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ
И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ**

УДК 504.03

**АНАЛИЗ ДИНАМИКИ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА В ПРЕДЕЛАХ ВЕРХОВЬЕВ
БАССЕЙНА Р. САЛГИР (КРЫМСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)**

Линёва Н. П.^{1,2}, Табунищик В. А.^{2,3}

¹*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь,
Российская Федерация*

E-mail: tim4enko.zin@yandex.ru

²*ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», Севастополь,
Российская Федерация*

E-mail: tabunshchik@ya.ru

³*ФГБНУ «Научно-исследовательский центр пресноводной и солоноватоводной гидробиологии», г.
Херсон*

E-mail: ¹tim4enko.zin@yandex.ru, ³tabunshchik@ya.ru

В работе использовались данные программ наблюдения за земной поверхностью: Land Cover Climate Change Initiative (CCI), Esri Land Cover и ESA WorldCover, что позволило определить как временную динамику наземного покрова с 1992 г., так и получить распределение его типов на исследуемой территории в настоящее время. Было выяснено, что, несмотря на преобладание в пределах верховьев бассейна р. Салгир более относительно естественных типов наземного покрова – древесной растительности и лугов, значительно увеличилась площадь застроенных территорий в долине реки на фоне сокращения территорий с естественной растительностью и сельскохозяйственных земель.

Ключевые слова: наземный покров, бассейн реки, Крымский полуостров, Салгир.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ландшафты изменяются под воздействием комплекса факторов, включая, как процессы естественного развития, так и многостороннего антропогенного преобразования, что может ставить под угрозу устойчивость природных систем, составляющих среду обитания человеческого общества. Информация о динамике наземного покрова в пределах определенной территории играет важную роль для принятия управленческих решений в сторону компромисса между социально-экономическим развитием общества и сохранением природных систем.

Исходя из определения, данного Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО), наземный покров — это наблюдаемый (био)физический покров на земной поверхности, который содержит описание растительности и антропогенных объектов [17].

Изучение динамики наземного покрова с использованием данных дистанционного зондирования является передовым методом, поскольку позволяет получать огромный объем данных об объекте исследования менее трудозатратным

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА В ПРЕДЕЛАХ ВЕРХОВЬЕВ БАССЕЙНА Р. САЛГИР (КРЫМСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

способом, охватывать большие территории, для которых в ином случае приходилось бы задействовать группу исследователей и проводить долговременные исследования, а также поддерживать непрерывные временные ряды данных о состоянии ландшафтов [24].

Дистанционное зондирование Земли в последние годы все чаще используется для выявления и анализа изменений в области землепользования и преобразования земель [16]. В свою очередь изменение наземного покрова отражается на других природных процессах и явлениях, в частности эти данные используются в контексте построения гидрологических [7, 24], климатических моделей [19, 23], для исследований биоразнообразия [12, 13] и круговорота углерода [11, 14, 27]. Также в последнее время уделяется особое внимание рассмотрению экосистемных услуг в зависимости от наземного покрова и на фоне его изменения [6, 20]. Поэтому исследование наземного покрова в пределах исследуемой территории служит базисом для решения различных научных задач. В связи с этим было создано множество программ наблюдения за земной поверхностью, регистрировавших данные о наземном покрове. Выделение различных типов наземного покрова основано на анализе мультиспектральных комических снимков (Landsat, Sentinel, MODIS и др.). Оценке точности получаемых данных посвящено большое число работ, а также имеются научные публикации, рассматривающие верификацию данных различных программ наблюдения [8, 9].

Для бассейнов рек, являющихся природно-географической целостной системой с одной стороны, и подвергающихся огромному антропогенному влиянию с другой, часто проводится исследование наземного покрова и его изменений [10, 15, 22, 25].

Что касается российских исследований в области выделения наземного покрова, то в основном распространены работы регионального характера [18, 21, 28]. Для Крымского полуострова проводились некоторые исследования, в частности классификация наземного покрова территории Керченского полуострова с использованием различных методов машинного обучения [26]. Также использовались данные программ наблюдения за земной поверхностью для оценки динамики наземного покрова рек северо-западного склона Крымских гор [4].

Цель работы — проанализировать динамику изменения типов наземного покрова в пределах верховьев бассейна р. Салгир на основании открытых данных различных программ наблюдения за Землей из космоса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Территорией исследования являются верховья водосборного бассейна реки Салгир. Площадь территории составляет 307,3 км² (рис. 1). Водосборный бассейн реки Салгир граничит на юго-востоке с бассейнами рек Южного берега Крыма, на юго-западе с бассейном р. Альмы и Западный Булганак. В пределах южной границы водосборного бассейна расположена Главная гряда Крымских гор, включая в себя горные массивы — на юго-западе Чатырдаг, Демерджи, далее к северу Долгоруковская яйла. На северо-западе исследуемая территория заканчивается

плотиной Симферопольского водохранилища. Истоком реки Салгир считается место слияния двух рек Ангара и Кизил-Коба, длина — 204 км, что делает её самой большой речной системой Крыма. В пределах исследуемой части водосборного бассейна река и её притоки имеют вид горных потоков с большим падением, большими скоростями, узкими долинами, склоны которых сливаются со склонами прилегающей местности. На данной территории в р. Салгир впадают в основном левобережные притоки — (Ангара, Аян, Хараб-Тавель, Аратук, Джума, б. Курцы) [2]. Самая высокая точка исследуемой территории — 1451 м н.у.м., самая низкая — 278 м н.у.м.

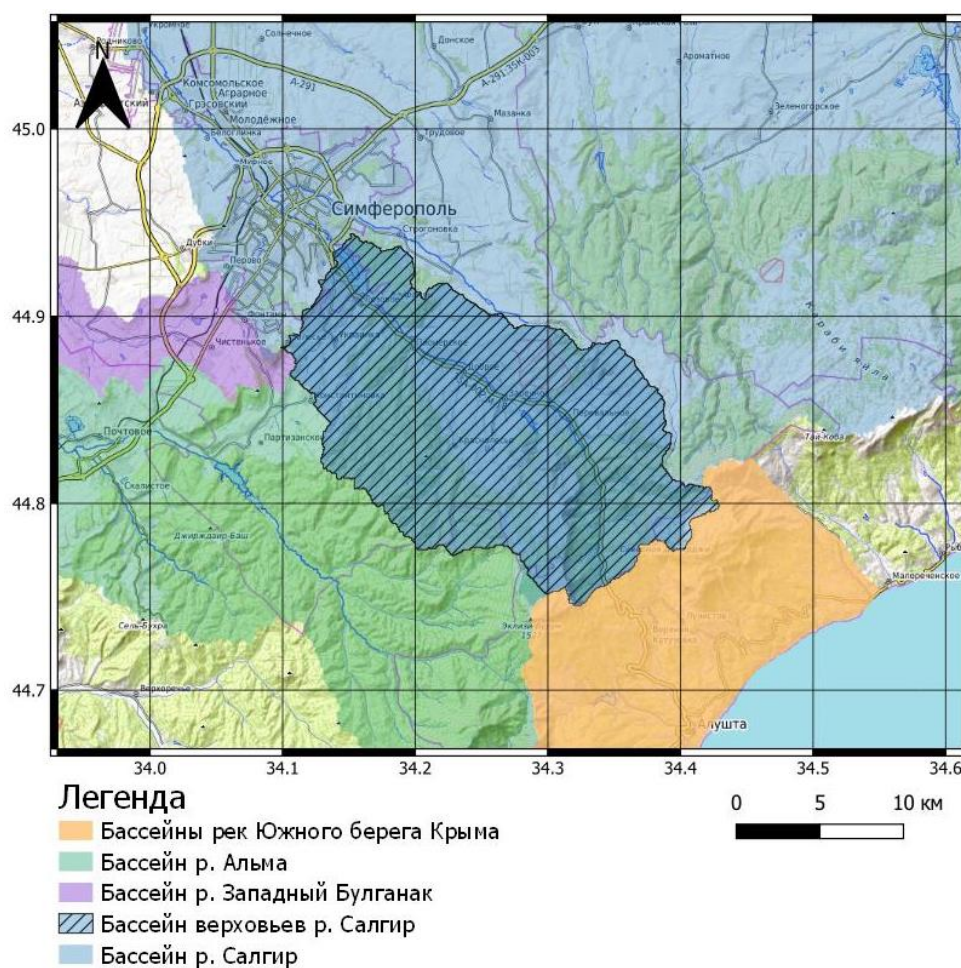


Рис. 1. Расположение исследуемой территории (верховья бассейна реки Салгир)

На территории верховьев водосборного бассейна р. Салгир несколько поясов растительности сменяют друг друга с севера на юг: лесостепи (луговые типчакowo-ковыльные степи с участками кустарниковых и лесных сообществ из порослевого

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА В ПРЕДЕЛАХ ВЕРХОВЬЕВ БАССЕЙНА Р. САЛГИР (КРЫМСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

дуба пушистого и грабинника), пояс лесных сообществ из дуба пушистого и дуба скального в сочетании с грабинником и кизилом, пояс буковых и буково-грабовых лесов. Поверхность горных массивов занимают луговые и петрофитные степи с участием типчака, ковыля, дубровника, тимьяна и др. [3]. Почвенный покров формируют на поверхностях яйл горно-луговые почвы, на северном макросклоне под буковыми, дубовыми и смешанными лесами – бурые горные лесные почвы. С понижением высоты могут встречаться черноземы предгорные и дерново-карбонатные почвы. В долине р. Салгир и её притоков распространены аллювиальные, а также в понижениях при близком залегании грунтовых вод — луговые почвы [1].

Для анализа динамики наземного покрова в пределах территории исследования использовались открытые данные, полученные в результате различных программ космического наблюдения за земной поверхностью. Для исследуемой территории были выбраны три наиболее подходящие модели типов земельного покрова:

1. ESA WorldCover (<https://esa-worldcover.org/en>)

Эта модель глобального уровня разработана на основе данных спутников Sentinel-1 и Sentinel-2 и предоставляет информацию о наземном покрове за 2020 и 2021 г. При этом имеет пространственное разрешение 10 м. Ключевой характеристикой карт на основе ESA WorldCover является улучшенная детализация, к примеру хорошо выделяются отдельно дорожная сеть и зеленые зоны городских территорий. Однако, учитывая всего лишь двухлетний период наблюдений (2020 - 2021 гг.), этот набор не подходит для изучения динамики наземного покрова.

2. Land Cover Climate Change Initiative (<http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download.php>)

Имеет самый большой объем данных, с 1992 г. по 2020 г и характеризуется пространственным разрешением в 300 м. Обладает наиболее расширенной легендой — выделяется 36 типов наземного покрова. Создание этого набора данных было инициировано Европейским космическим агентством в ходе программы глобального мониторинга в области изменения климата, поскольку космические наблюдения предоставляют уникальную информацию, которая в значительной степени помогает отслеживать изменение климата и территории в целом.

3. Esri Land Cover (<https://livingatlas.arcgis.com/landcover/>)

Обладает высоким пространственным разрешением — 10 м, построено на основе данных спутниковых снимков Sentinel-2 Европейского космического агентства (ESA), потому может представить наиболее точные данные для исследуемой территории, однако наблюдения охватывают небольшой промежуток времени — с 2017 г.

Эта модель классификации наземного покрова использует искусственный интеллект, усовершенствованный за счет объединения огромного обучающего набора данных. Проект выполнялся в сотрудничестве ESRI с технологической компанией Impact Observatory и корпорацией Microsoft. Выделяется 10 типов наземного покрова.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проанализируем структуру и динамику наземного покрова в пределах верховьев бассейна р. Салгир, используя данные рассмотренных моделей.

Набор ESA WorldCover (рис. 1, табл. 1). Несмотря на то, что этот набор данных не позволяет проанализировать динамику наземного покрова, его ценностью является более высокая точность выделения типов наземного покрова на территории, что подтверждается результатами исследований [8].

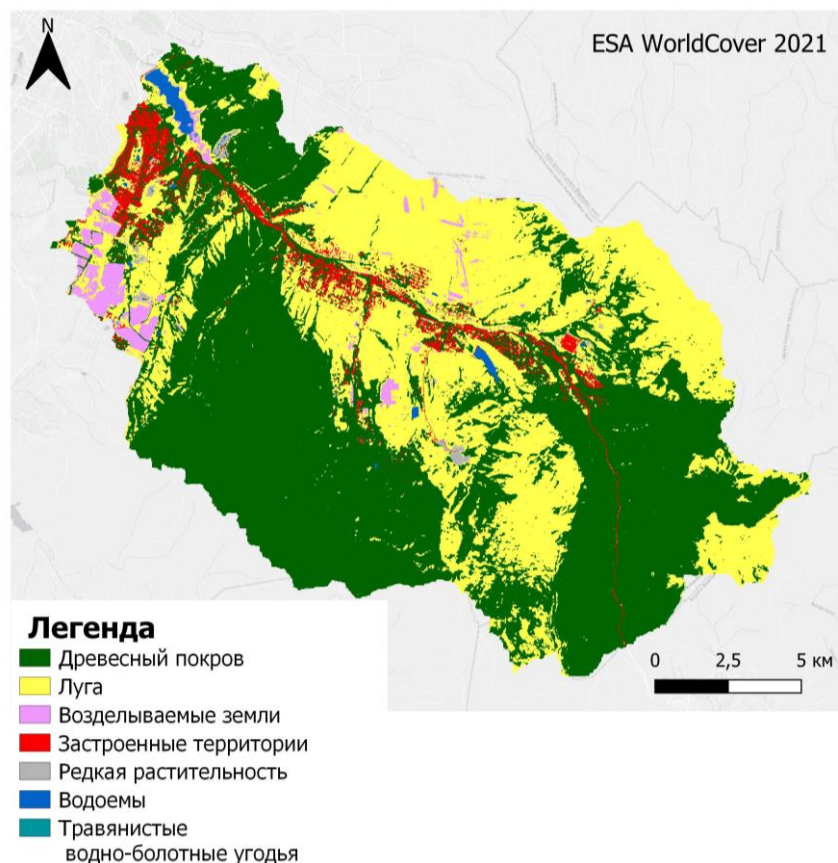


Рис. 2. Типы наземного покрова по набору данных ESA WorldCover в пределах верховьев бассейна р. Салгир

Древесный покров преобладает на данной территории, его площадь составляет 55,2%, что больше, чем заявляется наборами данных Land Cover CCI (37,9%) и ESRI Land Cover (45,8%). Далее распространены земли, занятые травянистой растительностью (37,7%). Застроенные территории занимают 3,6% территории,

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА В ПРЕДЕЛАХ ВЕРХОВЬЕВ БАССЕЙНА Р. САЛГИР (КРЫМСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

практически совпадая со значениями в CCI Land Cover (3,5%), в то время как по данным ESRI Land Cover они составляют 13,6%.

Таблица 1.

Распределение типов наземного покрова (км²) в пределах верховьев бассейна
р. Салгир по набору данных ESA WorldCover

Тип наземного покрова	Древесный покров	Луга	Возделываемые земли	Застроенные территории	Редкая растительность	Водоемы
Площадь, км ²	174,69	119,67	7,54	11,52	1,41	1,88

Эти различия в площадях типов наземного покрова среди представленных наборов данных объясняются тем, что для ESA WorldCover свойственна более высокая точность выделения границ лесных массивов, учитываются зеленые насаждения в населенных пунктах, отчетливо разделяется дорожно-транспортная сеть, что особенно важно, учитывая строительство отрезка трассы «Таврида», отчасти проходящей в пределах исследуемой территории. Также более точно определены участки поверхности, практически не занятой растительностью, которые для этой территории представлены карьерами.

Следующий набор данных — Land Cover Climate Change Initiative (CCI) (рис. 3, 4).

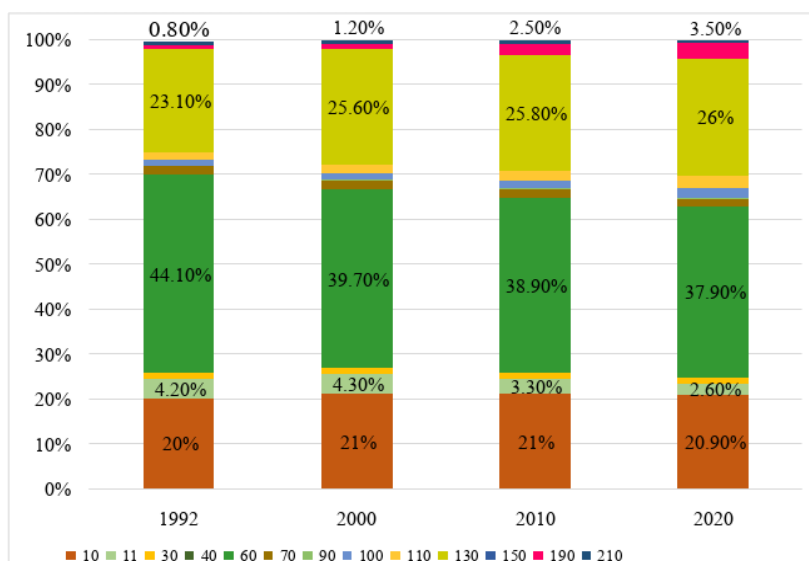


Рис. 3. Изменение площади типов наземного покрова по набору данных Land Cover CCI в пределах верховьев бассейна р. Салгир с 1992 по 2020 г., в %:

10 — пахотные земли; 30 — мозаичные пахотные земли (>50 %) / естественная растительность (деревья, кустарники, травянистый покров) (<50 %); 11 — травянистый покров; 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, широко-лиственный, лиственный, закрытый или открытый (>15 %), 70 — древесный покров, хвойный, вечнозеленый, закрытый или открытый (>15 %); 90 — древесный покров, смешанный тип листьев (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 %); 190 — селитебные территории; 210 — водные объекты.

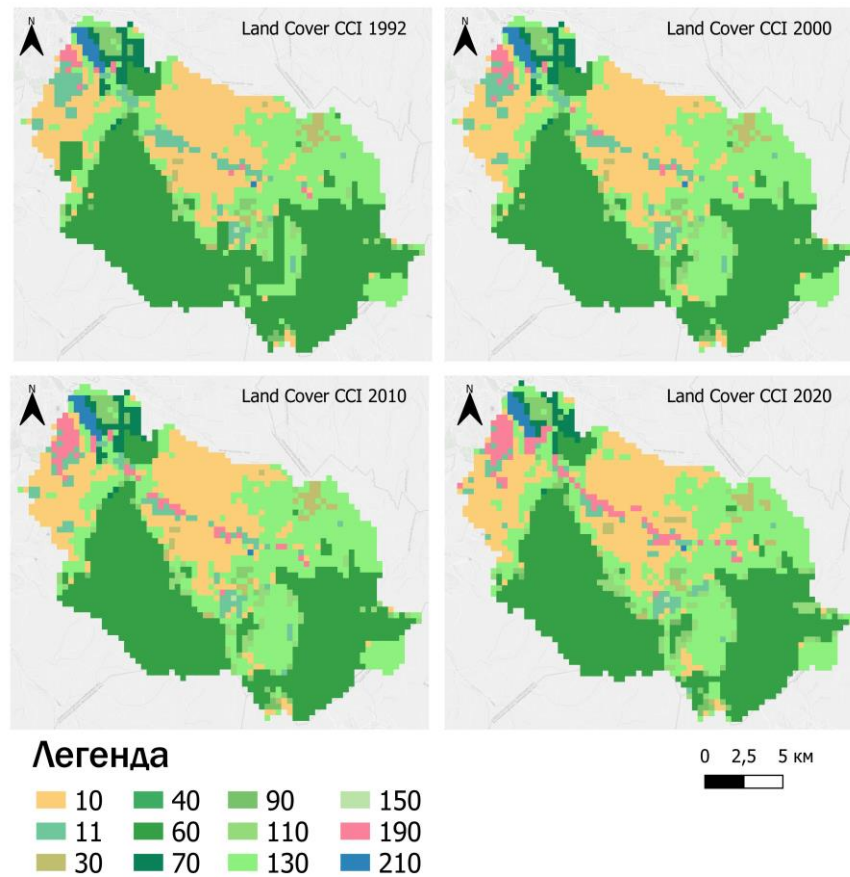


Рис. 4. Динамика типов наземного покрова по набору данных Land Cover CCI в пределах верховьев бассейна р. Салгир в 1992-2020 гг. (условные обозначения смотреть к рисунку 3)

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА В ПРЕДЕЛАХ ВЕРХОВЬЕВ БАССЕЙНА Р. САЛГИР (КРЫМСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

Ввиду более низкого пространственного разрешения данные Land Cover CCI являются более обобщенными, однако охватывают больший период, с 1992 г. по 2020 г., и обладают расширенной легендой для растительного покрова. В структуре наземного покрова были отмечены следующие изменения. За этот период водосборный бассейн затронули процессы активной застройки — площади под селитебными территориями увеличились в 4,4 раза. В тоже время происходило сокращение древесного покрова — на 14% для широколиственных лесов, на 16% для игольчатых, и увеличение площади, занятой лугами (травянистой непахотной растительностью) на 11%. В основном, сокращение площади лесов происходило в период с 1992 г. по 2000 г. — на 10% для широколиственных лесов. В тоже время территории с мозаичным покровом из травянистых растений, деревьев и кустарников увеличили свою площадь почти в 2 раза. В период с 2010 года наметилась тенденция уменьшения площади пахотных земель.

Такие изменения площади различных типов наземного покрова вызваны следующими причинами. Изначально мягкий климат и плодородные долинные земли обусловили садоводческую и огородную хозяйственную направленность использования территории. Но в 1990-е годы перестройка социально-экономических отношений вызвала, помимо падения промышленного производства, уменьшение площадей пашни, садов и виноградников. В последующий же временной период продолжалось возвращение депортированных народов, возросло строительство новых поселений, увеличение дачных поселков, в том числе на территории водоохраных зон, пойменных землях. В качестве места расселения долина р. Салгир имеет выгодное природно-географическое и экономическое положение, а именно наличие вдоль долины реки трассы Симферополь-Ялта, соответственно транспортная доступность, а также благоприятные природно-климатические условия, удаленность от экологических проблем, сопутствующих крупным городам. Таким образом, сельские населенные пункты формируют агломерацию, объединенную интенсивными хозяйственными, трудовыми, культурно-бытовыми и рекреационными связями. Это стало причиной уменьшения площадей, занятых садами, создало дополнительный фактор загрязнения рек, а также способствовало сокращению выполнения речными долинами функций экологических коридоров [5]. Сокращение площади лесных территорий также обусловлено ситуацией 1990-х годов, когда в связи ухудшением благосостояния населения произошло увеличение незаконной эксплуатации лесных ресурсов (в частности вырубка лесополос), объектов растительного и животного мира в целом.

Набор Esri Land Cover. Данные Esri Land Cover охватывают меньший промежуток времени (с 2017 г.), однако обладают более высоким пространственным разрешением, что позволяет точнее, чем набор Land Cover CCI, выявить структуру землепользования (табл. 2, рис. 5).

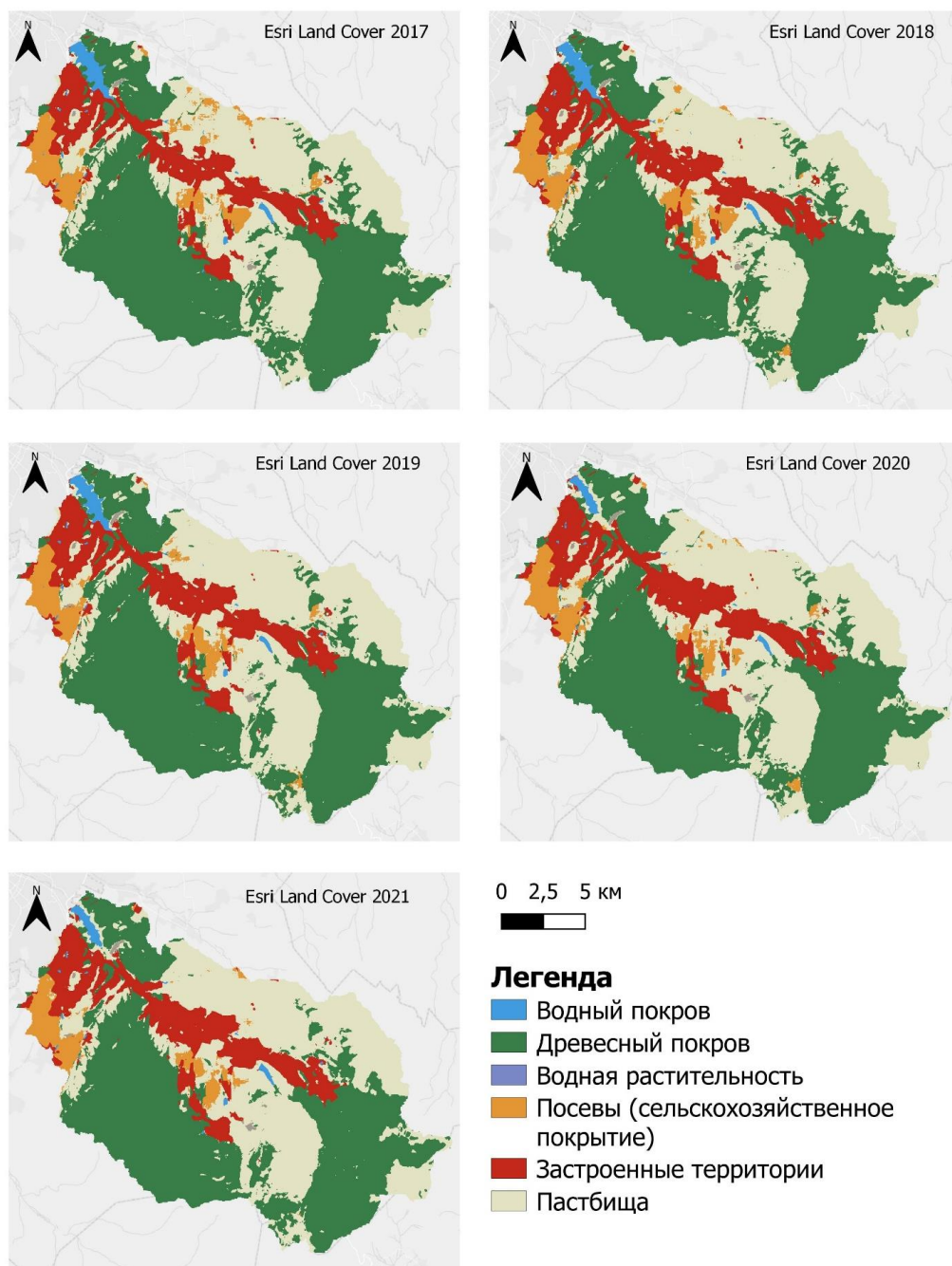


Рис. 5. Динамика типов наземного покрова по набору данных Esri Land Cover в пределах верховьев бассейна реки Салгир в 2017–2021 гг.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА В ПРЕДЕЛАХ ВЕРХОВЬЕВ
БАССЕЙНА Р. САЛГИР (КРЫМСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

Таблица 2.

Динамика распределения типов наземного покрова (км²) в пределах верховьев бассейна р. Салгир по набору данных Esri Land Cover

Типы наземного покрова	Площадь различных типов наземного покрова, км ²				
	2017	2018	2019	2020	2021
Водный покров	3,8	3,7	3,4	2,0	2,2
Древесный покров	144,3	146,2	141,6	141,5	140,5
Водная растительность	0,001	-	-	0,002	0,001
Посевы (сельскохозяйственные территории)	15,4	15,2	14,0	13,7	12,2
Застроенные территории	38,1	39,7	40,3	41,3	41,7
Территории, не занятые растительным покровом	0,5	0,6	0,7	0,6	0,7
Луга (травянистая непахотная растительность)	105,0	101,7	107,1	108,0	109,8

Стоит отметить, что этот набор данных зафиксировал изменения площади поверхности водохранилищ в маловодные 2019 и 2020 годы. Среди типов наземного покрова в пределах исследуемой территории преобладает древесный покров (46%). Лесные ландшафты водосборного бассейна выполняют важнейшие средообразующие функции, играют водорегулирующую роль, уменьшая суммарный поверхностный и внутрипочвенный сток, выравнивая его по сезонам года. Учитывая горный рельеф территории, леса также имеют огромное почвозащитное значение, снижая возможность возникновения эрозионных процессов, селевых потоков. Однако даже за четырехлетний период наблюдений отмечается сокращение площади лесов, что является негативной тенденцией. Луга составляют 36% и площадь, занятая этим типом наземного покрова, увеличивается. К ним относятся как вершины яйл, сравнительно представляющие собой более естественные сообщества, так и производная травянистая растительность, например, на месте бывших сельскохозяйственных угодий. В течение наблюдаемого периода также увеличивается площадь застроенных территорий, что было отмечено еще с 1992 г. по вышеизложенным данным, и на 2021 г. рост составляет почти 14%.

Исследование динамики наземного покрова проводилось также для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор [4], где выражены те же тенденции к увеличению площади селитебных территорий за счет сокращения сельскохозяйственных земель и древесного покрова, однако в пределах верховьев бассейна р. Салгир наблюдается более значительный рост застроенных земель - в 4,4 раза, в то время как среди других исследованных бассейнов наибольший рост был выявлен в бассейне р. Черная — в 3,8 раза.

ВЫВОДЫ

Исследование наземного покрова с использованием открытых программ наблюдения за земной поверхностью позволяет получить первичное представление о растительном покрове и выраженных застроенными территориями антропогенных элементах на данном участке земной поверхности, что может послужить базовой информацией для выявления структуры землепользования, и отслеживать тенденции изменения ландшафтов, вызванных как природными, так и антропогенными факторами.

По итогам анализа нескольких наборов данных о наземном покрове и его динамике были сделаны следующие выводы. В настоящее время в пределах верховьев бассейна р. Салгир преобладает древесный тип наземного покрова, а также земли, занятые травянистой растительностью. С 1992 г. было отмечено увеличение антропогенного воздействия за счет расширения территории населенных пунктов в районе долины реки, что сопровождалось сокращением сельскохозяйственных земель, а также естественного растительного покрова.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках реализации тем госзаданий № 123101900019-5 и № 121040100327-3.

Список литературы:

1. Драган Н.А. Почвенные ресурсы Крыма. Симферополь: ДОЛЯ, 2004. 208 с.
2. Олиферов А. Н. Реки и озера / А. Н. Олиферов, З.В. Тимченко. Симферополь: Доля, 2005. 216 с.
3. Растительный мир. Серия «Природа Крыма» / Н.И. Рубцов, Л.В. Махаева, М.С Шалыг, И.Н Котова. Симферополь: Крым, 1964. 124 с.
4. 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. 78–88.
5. Трансформация ландшафтно-экологических процессов в Крыму в XX веке - начале XXI века / под ред. В.А. Бокова. Симферополь: ДОЛЯ, 2010. 304 с.
6. Appraisal of Empirical Studies on Land-Use and Land-Cover Changes and Their Impact on Ecosystem Services in Nepal Himalaya / МК. Rai, В. Paudel, Y. Zhang [et al.] // Sustainability. 2023. Vol. 15(9). P. 7134. (in Russian).
7. Arsiso В.К., Mengistu Tsidu G. Land Use and Land Cover Change Modulates Hydrological Flows and Water Supply to Gaborone Dam Catchment, Botswana // Water. 2023. Vol. 15(19). P. 3364.
8. Assessing the Accuracy and Consistency of Six Fine-Resolution Global Land Cover Products Using a Novel Stratified Random Sampling Validation Dataset / T. Zhao, X. Zhang, Y. Gao, [et al.] // Remote sensing. 2023. Vol. 15(9). P. 2285.
9. Consistency Analysis and Accuracy Evaluation of Multi-Source Land Cover Data Products in the Eastern European Plain / G. Jiang, J. Wang, K. Li [et al.] // Remote Sensing. 2023. Vol. 15(17). P. 4254.
10. Effects of land use and land cover change on ecosystem services in the Ko-shi River Basin, Eastern Nepal / В. Rimal, R. Sharma, R. Kunwar [et al.] // Ecosystem services. 2019. Vol. 38. P. 100963.
11. Exploiting synergies of global land cover products for carbon cycle modeling / M. Jung, K. Henkel. M. Herold, G. Churkina // Remote Sensing of Environment. 2006. Vol. 101, № 4. pp. 534-553.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА В ПРЕДЕЛАХ ВЕРХОВЬЕВ БАССЕЙНА Р. САЛГИР (КРЫМСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

12. Falcucci, A. Changes in land-use/land-cover patterns in Italy and their implications for biodiversity conservation / A. Falcucci, L. Maiorano, L. Boitani // *Landscape Ecology*. 2007. Vol. 22. pp. 617–631.
13. Free and open-access satellite data are key to biodiversity conservation / W. Turner, C. Rondinini, N. Pettorelli [et al.] // *Biological Conservation*. 2015. Vol. 182. pp. 173–176.
14. High resolution analysis of tropical forest fragmentation and its impact on the global carbon cycle / K. Brinck, R. Fischer, J. Groeneveld [et al.] // *Nature Communications*. 2017. Vol. 8. P. 14855.
15. Jia, S. Spatiotemporal Characteristics and Driving Factors of Land-Cover Change in the Heilongjiang (Amur) River Basin / S. Jia, Y. Yang // *Remote Sensing*. 2023. Vol. 15(15). P. 3730.
16. Land Change Science: Observing, Monitoring and Understanding Trajectories of Change on the Earth's Surface / G. Garik, A. Janetos, C. Justice [et al.]. New York: Springer Science & Business Media, 2007. 459 p.
17. Land cover classification system (LCCS): classification concepts and user manual // FAO.ORG URL: https://www.fao.org/3/x0596e/X0596e00.htm#P-1_0 (дата обращения 11.10.2023).
18. Land use and land cover change in Arctic Russia: Ecological and social implications of industrial development / T. Kumpula, A. Pajunen, E. Kaarlejärvi [et al.] // *Global Environmental Change*. 2011. Vol. 21. pp 550–562.
19. Land use/land cover changes and climate: modeling analysis and observational evidence / R.A. Pielke sr, A. Pitman, D. Niyogi, [et al.] // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*. 2011. Vol. 2, № 6. pp. 828–850.
20. Linking Flood Risk Mitigation and Food Security: An Analysis of Land-Use Change in the Metropolitan Area of Rome / D. Marino, M. Palmieri, A. Marucci [et al.] // *Land*. 2023. Vol. 12(2). P. 366.
21. Milanova, E. Land use/cover change in Russia within the context of global challenges. / E. Milanova // *Romanian Journal of Geography*. 2012. Vol. 56. pp. 105–116.
22. Satellite-Based Mapping of Gold-Mining-Related Land-Cover Changes in the Magadan Region, Northeast Russia / A. Shikhov, P. Ilyushina, O. Makarieva [et al.] // *Remote sensing*. 2023. Vol. 15. P. 3564.
23. Simulating climate change in UK cities using a regional climate model, HadRM3 / M. McCarthy, C. Harpham, C. Goodess, P. Jones // *Int. J. Climatol*. 2012. № 32 (12). pp. 1875–1888.
24. Turner B. L. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability / B. L. Turner, Eric F. Lambin, Anette Reenberg // *PNAS*. 2007. Vol. 104. №52. pp. 20666–20671
25. Twine T. E. Effects of Land Cover Change on the Energy and Water Balance of the Mississippi River Basin / T. E. Twine, C. J. Kucharik, J. A. Foley // *Journal of Hydrometeorology*. 2004. Vol. 5. pp. 640–655.
26. Using Landsat-5 for Accurate Historical LULC Classification: A Comparison of Machine Learning Models / D. Krivoguz, S.G. Chernyi, E. Zinchenko [et al.] // *Data*. 2023. Vol. 8. P. 138.
27. Verburg, P. H. Challenges in using land use and land cover data for global change studies. / P. H. Verburg, K. Neumann, L. Nol // *Global change biology*. 2011. Vol. 17. № 2. pp. 974–989.
28. Walker D. A. Cumulative Effects of Rapid Land-Cover and Land-Use Changes on the Yamal Peninsula, Russia / D. A. Walker // *Eurasian Arctic Land Cover and Land Use in a Changing Climate* / G. Gutman, A. Reissell, [et al.]. Dordrecht: Springer, 2011. 9. pp. 207–236.

ANALYSIS OF LAND COVER DYNAMICS WITHIN THE UPPER REACHES OF THE SALGIR RIVER BASIN (CRIMEAN PENINSULA)

Nastasia P. Lineva^{1,2}, *Vladimir A. Tabunshchik*^{2,3}

¹*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation*

²*A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (IBSS), Sevastopol, Russian Federation*

³*Research Center of Freshwater and Brackish-water Hydrobiology, Kherson*
E-mail: tabunshchyk@ya.ru

This article analysed the dynamics of land cover types and the distribution of land cover types in the study area at the present time. The study area is the upper reaches of the Salgir River catchment area (307.3 km²). The upper reaches of the Salgir River catchment basin border on the south-east with the river basins of the southern coast of Crimea, on the south-west with the basins of the Alma and Western Bulgan rivers. Alma and Western Bulganak. On this territory the left-bank tributaries (Angara, Ayan, Kharab-Tavel, Aratuk, Juma, Kurtzi b.) mainly flow into the Salgir River. The highest point of the study area is 1451 m., the lowest point is 278 m.

Open data obtained from various space observation programmes were used to analyse the dynamics of land cover. The following datasets were selected: ESA WorldCover, Land Cover Climate Change Initiative, Esri Land Cover.

At present the upper reaches of the Salgir River catchment basin most accurately reflects the distribution of land cover types in the ESA WorldCover dataset. Tree cover predominates in the area (55.2%), followed by herbaceous vegetation (37.7%). Built-up areas occupy 3.6%. Esri Land Cover data covers a short period of time (since 2017). However, even over the four-year observation period, there is a decrease in the area of forests, which is a negative trend, and the area of built-up areas is increasing. According to CCI Land Cover data, from 1992 to 2020 the catchment area has been affected by active development processes - the area under residential areas increased 4.4 times. The same trend is typical for the rivers of the north-western slope of the Crimean Mountains. At the same time, there was a decrease in tree cover - by 14% for broadleaved forests, by 16% for needle-leaved forests, and an increase in the area occupied by meadows by 11%.

Keywords: land cover, river basin, Crimean Peninsula, Salgir.

References

1. Dragan N.A. Pochvennye resursy Kryma. Simferopol': DOLYA, 2004. — 208 p. (in Russian).
2. Oliferov, A. N. Reki i ozera / A. N. Oliferov, Z.V. Timchenko. Simferopol': Dolya, 2005. 216 p. (in Russian).
3. Rastitel'nyj mir. Seriya «Priroda KrymA» / N.I. Rubcov, L.V. Makhaeva, M.S. Shalyt, I.N. Kotova. Simferopol': Krym, 1964. 124 p. (in Russian).
4. Tabunshchik V. A., Gorbunov R. V. Dinamika tipov nazemnogo pokrova (land cover) v predelakh bassejnov rek severo-zapadnogo sklona Krymskikh gor // Geologiya, geografiya i global'naya ehnergiya. 2022. №3 (86). pp. 78–88. (in Russian).
5. Transformaciya landshaftno-ehkologicheskikh processov v Krymu v KHKH veke - nachale XXI veka / pod red. V.A. Bokova. Simferopol': DOLYA, 2010. 304 p. (in Russian).
6. Appraisal of Empirical Studies on Land-Use and Land-Cover Changes and Their Impact on Ecosystem Services in Nepal Himalaya / MK. Rai, B. Paudel, Y. Zhang [et al.] // Sustainability. 2023. Vol. 15(9). P. 7134. (in Russian).
7. Arsiso B.K., Mengistu Tsidu G. Land Use and Land Cover Change Modulates Hydrological Flows and Water Supply to Gaborone Dam Catchment, Botswana // Water. 2023. Vol. 15(19). P. 3364.
8. Assessing the Accuracy and Consistency of Six Fine-Resolution Global Land Cover Products Using a Novel Stratified Random Sampling Validation Dataset / T. Zhao, X. Zhang, Y. Gao, [et al.] // Remote sensing. 2023. Vol. 15(9). P. 22–85.
9. Consistency Analysis and Accuracy Evaluation of Multi-Source Land Cover Data Products in the Eastern European Plain / G. Jiang, J. Wang, K. Li [et al.] // Remote Sensing. 2023. Vol. 15(17). P. 4254.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ НАЗЕМНОГО ПОКРОВА В ПРЕДЕЛАХ ВЕРХОВЬЕВ
БАССЕЙНА Р. САЛГИР (КРЫМСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

10. Effects of land use and land cover change on ecosystem services in the Ko-shi River Basin, Eastern Nepal / B. Rimal, R. Sharma, R. Kunwar [et al.] // *Ecosystem services*. 2019. Vol. 38. P. 100963.
11. Exploiting synergies of global land cover products for carbon cycle modeling / M. Jung, K. Henkel, M. Herold, G. Churkina // *Remote Sensing of Environment*. 2006. Vol. 101, № 4. pp. 534-553.
12. Falcucci, A. Changes in land-use/land-cover patterns in Italy and their implications for biodiversity conservation / A. Falcucci, L. Maiorano, L. Boitani // *Landscape Ecology*. 2007. Vol. 22. pp. 617–631.
13. Free and open-access satellite data are key to biodiversity conservation / W. Turner, C. Rondinini, N. Pettorelli [et al.] // *Biological Conservation*. 2015. Vol. 182. pp. 173–176.
14. High resolution analysis of tropical forest fragmentation and its impact on the global carbon cycle / K. Brinck, R. Fischer, J. Groeneveld [et al.] // *Nature Communications*. 2017. Vol. 8. P. 14855.
15. Jia, S. Spatiotemporal Characteristics and Driving Factors of Land-Cover Change in the Heilongjiang (Amur) River Basin / S. Jia, Y. Yang // *Remote Sensing*. – 2023. – Vol. 15(15). P. 3730.
16. Land Change Science: Observing, Monitoring and Understanding Trajectories of Change on the Earth's Surface / G. Garik, A. Janetos, C. Justice [et al.]. – New York: Springer Science & Business Media, 2007. – 459 p.
17. Land cover classification system (LCCS): classification concepts and user manual // FAO.ORG URL: https://www.fao.org/3/x0596e/X0596e00.htm#P-1_0 (accessed 11.10.2023).
18. Land use and land cover change in Arctic Russia: Ecological and social implications of industrial development / T. Kumpula, A. Pajunen, E. Kaarlejärvi [et al.] // *Global Environmental Change*. 2011. Vol. 21. pp 550–562.
19. Land use/land cover changes and climate: modeling analysis and observational evidence / R.A. Pielke sr, A. Pitman, D. Niyogi, [et al.] // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*. 2011. Vol. 2, № 6. pp. 828–850.
20. Linking Flood Risk Mitigation and Food Security: An Analysis of Land-Use Change in the Metropolitan Area of Rome / D. Marino, M. Palmieri, A. Marucci [et al.] // *Land*. 2023. Vol. 12(2). P. 366.
21. Milanova, E. Land use/cover change in Russia within the context of global challenges. / E. Milanova // *Romanian Journal of Geography*. 2012. Vol. 56. pp. 105–116.
22. Satellite-Based Mapping of Gold-Mining-Related Land-Cover Changes in the Magadan Region, Northeast Russia / A. Shikhov, P. Ilyushina, O. Makarieva [et al.] // *Remote sensing*. 2023. Vol. 15. P. 3564.
23. Simulating climate change in UK cities using a regional climate model, HadRM3 / M. McCarthy, C. Harpham, C. Goodess, P. Jones // *Int. J. Climatol*. 2012. № 32 (12). pp. 1875–1888.
24. Turner B. L. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability / B. L. Turner, Eric F. Lambin, Anette Reenberg // *PNAS*. 2007. Vol. 104. №52. pp. 20666–20671
25. Twine T. E. Effects of Land Cover Change on the Energy and Water Balance of the Mississippi River Basin / T. E. Twine, C. J. Kucharik, J. A. Foley // *Journal of Hydrometeorology*. 2004. Vol. 5. pp. 640–655.
26. Using Landsat-5 for Accurate Historical LULC Classification: A Comparison of Machine Learning Models / D. Krivoguz, S.G. Chernyi, E. Zinchenko [et al.] // *Data*. 2023. Vol. 8. P. 138.
27. Verburg, P. H. Challenges in using land use and land cover data for global change studies. / P. H. Verburg, K. Neumann, L. Nol // *Global change biology*. 2011. Vol. 17, № 2. pp. 974–989.
28. Walker D. A. Cumulative Effects of Rapid Land-Cover and Land-Use Changes on the Yamal Peninsula, Russia / D. A. Walker // *Eurasian Arctic Land Cover and Land Use in a Changing Climate* / G. Gutman, A. Reissell, [et al.]. Dordrecht: Springer, 2011. 9. pp. 207–236.

Поступила в редакцию 07.10.2023 г.