

В.С. Исаев<sup>1</sup>, **Е.И. Игнатов**<sup>2</sup>, А.А. Новиков<sup>3</sup>, Е.С. Каширина<sup>4</sup>, Р.М. Аманжуров<sup>5</sup>,  
Е.И. Горшков<sup>6</sup>, В.В. Вербовский<sup>7</sup>

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ АБРАЗИОННО-ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ СЕВАСТОПОЛЯ

### АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты многолетних работ по изучению опасных экзогенных процессов на побережье г. Севастополя с помощью лидара. Лазерное сканирование позволяет с высокой точностью оценить природную и антропогенную динамику берегов Севастополя, отличающихся концентрацией различных экзогенных процессов на сравнительно небольших участках и представляющих угрозу для хозяйственной деятельности населения. С использованием лазерного сканирования (лидарной съёмки) выполнена съёмка ключевых участков побережья в районе Немецкой балки и пляжа Учкучевка, где отмечается активное проявление обвально-оползневых и абразионных процессов. Наземное лазерное сканирование выполнено с использованием трёхмерной лазерной сканирующей системой. Лазерное сканирование проведено в июле 2016 г., июле 2017 г., июле и октябре 2018 г. Определено, что средняя скорость разрушения клифа в районе пляжа Учкучевка составила 0,8 м/год. Максимальная скорость разрушения клифа достигла 4,6 м, наблюдавшаяся на локальном десятиметровом участке сползания блока отседания. В районе Немецкой балки в результате террасирования образовался антропогенный «вырез» длиной около 150 м, шириной около 300 м и глубиной от 2,5 до 10 м. Расчёт показал, что объём вывезенного грунта составил 393649,14 м<sup>3</sup>, а ссыпавшегося на пляж — 28669,62 м<sup>3</sup>. Полученные результаты могут быть использованы для мониторинга опасных экзогенных процессов, моделирования и прогнозирования развития берегов и принятия решений для управления природопользованием в прибрежной зоне.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** лазерное сканирование, ГИС-технологии, побережье, обвально-оползневые процессы, Крым

---

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия; *e-mail*: [tpomed@rambler.ru](mailto:tpomed@rambler.ru)

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Институт природно-технических систем, ул. Ленина, д. 28, 299011, Севастополь, Россия; *e-mail*: [ign38@mail.ru](mailto:ign38@mail.ru)

<sup>3</sup> Филиал МГУ в г. Севастополе, Отделение географии, ул. Героев Севастополя, д. 7, 299001, Институт природно-технических систем, ул. Ленина, д. 28, 299011, Севастополь, Россия; *e-mail*: [a\\_novik@bk.ru](mailto:a_novik@bk.ru)

<sup>4</sup> Филиал МГУ в г. Севастополе, Отделение географии, ул. Героев Севастополя, д. 7, 299001, Севастопольский государственный университет, Институт развития города, наб. Корнилова, д. 1, 299011, Севастополь, Россия; *e-mail*: [e\\_katerina.05@mail.ru](mailto:e_katerina.05@mail.ru)

<sup>5</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, ООО «Современные Геотехнологии», ул. Б. Ордынка, д. 19, стр.1, 115035, Москва, Россия; *e-mail*: [rusaman@gmail.com](mailto:rusaman@gmail.com)

<sup>6</sup> ООО «Современные Геотехнологии», ул. Б. Ордынка, д. 19, стр.1, 115035, Москва, Россия; *e-mail*: [e.i.gorshkov@yandex.ru](mailto:e.i.gorshkov@yandex.ru)

<sup>7</sup> «Артегео», ул. Рябиновая, д. 1, корп. 2, оф. 1, пос. Сосенское, 108803, Москва, Россия; *e-mail*: [info@art-geo.ru](mailto:info@art-geo.ru)

Vladislav S. Isaev<sup>1</sup>, **Evgeniy I. Ignatov**<sup>2</sup>, Anton A. Novikov<sup>3</sup>, Ekaterina S. Kashirina<sup>4</sup>, Ruslan M. Amanzhurov<sup>5</sup>, Evgeniy I. Gorshkov<sup>6</sup>, Vitaly V. Verbovsky<sup>7</sup>

## USE OF LASER SCANNING TO ESTIMATE DYNAMICS OF ABRASIVE-LANDSLIDE PROCESSES IN COASTAL ZONE OF SEVASTOPOL

### ABSTRACT

The article presents the results of a long-term study of hazardous environmental processes on the Sevastopol coast. Laser scanning allows estimating with high accuracy the natural and anthropogenic dynamics of Sevastopol coast that differ in the concentration of various exogenous processes in relatively small areas and pose a threat to the economic activities of the population. Using laser scanning (lidar shooting), key coastal sections were surveyed in the area of Nemetskaya gully and Uchkuevka beach, where landslide and abrasion processes are displaying. Ground laser survey was performed using a three-dimensional laser scanning system. It was carried out in July 2016, July 2017, July and October 2018. The study showed that the average rate of cliff destruction in the area of the Uchkuevka beach was 0.8 m/year. The maximum cliff destruction rate reached 4.6 m, which was observed in the local ten-meter section of the block slide. Because of terracing, an anthropogenic “cutout” about 150 m long, about 300 m wide and 2.5 to 10 m deep was formed in the area of the Nemetskaya gully. The calculation showed that the Volume of removed soil was 393,649.14 m<sup>3</sup>, and the Volume of dumped soil on the beach was 28,669.62 m<sup>3</sup>. The results can be used to monitor hazardous exogenous processes, model and predict coastal development, and make decisions for environmental management in the coastal zone.

**KEYWORDS:** laser scanning, GIS technology, coast, landslide processes, Crimea

### ВВЕДЕНИЕ

Территория Севастополя характеризуется активным протеканием многих опасных экзогенных процессов. Здесь отмечаются обвальное-оползневые, карстово-суффозионные, осыпные, абразионные и др. неблагоприятные геологические процессы. Также Севастополь располагается в зоне 8-балльной сейсмичности.

В г. Севастополе общая протяжённость береговой линии моря (вместе с гидротехническими сооружениями) составляет 172 км, при этом более половины её относится к абразионному типу. В связи с расширением городской застройки в

<sup>1</sup> Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Faculty of Geology, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia; *e-mail:* [tpomed@rambler.ru](mailto:tpomed@rambler.ru)

<sup>2</sup> Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Faculty of Geography, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Institute of Natural Technical Systems, Lenin str., 28, 299011, Sevastopol, Russia; *e-mail:* [ign38@mail.ru](mailto:ign38@mail.ru)

<sup>3</sup> Branch of Moscow State University in Sevastopol, Department of Geography, Heroes of Sevastopol str., 7, 299001, Institute of Natural Technical Systems, Lenin str., 28, 299011, Sevastopol, Russia; *e-mail:* [a\\_novik@bk.ru](mailto:a_novik@bk.ru)

<sup>4</sup> Branch of Moscow State University in Sevastopol, Department of Geography, Heroes of Sevastopol str., 7, 299001, Sevastopol State University, City Development Institute, Kornilov quay, 1, 299011, Sevastopol, Russia; *e-mail:* [e\\_katerina.05@mail.ru](mailto:e_katerina.05@mail.ru)

<sup>5</sup> Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Faculty of Geology, Leninskie Gory, 1, 119991, Ltd “Modern Geotechnologies”, B. Ordynka str., 19, bld. 1, 115035, Moscow, Russia; *e-mail:* [rusaman@gmail.com](mailto:rusaman@gmail.com)

<sup>6</sup> LLC “Modern Geotechnologies”, B. Ordynka str., 19, bld. 1, 115035, Moscow, Russia; *e-mail:* [e.i.gorshkov@yandex.ru](mailto:e.i.gorshkov@yandex.ru)

<sup>7</sup> “Artegeo”, Ryabinovaya str., 1, bld. 2, off. 1, settl. Sosenskoye, 108803, Moscow, Russia; *e-mail:* [info@art-geo.ru](mailto:info@art-geo.ru)

прибрежной зоне особую актуальность представляют исследования экзогенных процессов в узкой прибрежной полосе. На побережье сконцентрированы районы проявления активных обвально-оползневых и абразионных процессов, что приводит к отступанию берегов. Высокие скорости отступления береговой линии активизируют оползневые процессы в береговых уступах, сложенных рыхлыми малосвязанными алевритами и алевритистыми глинами с песчано-галечниковыми линзами. Подстиляется таврская свита плотными сарматскими известняками.

Вопросами оценки скорости отступления берегов и факторов их определяющим посвящены работы [Leatherman, 1990; Сафьянов, 1996; Мысливец и др., 2018; Wright et al., 2019]. По оценкам разных авторов [Клюкин, 2007; Игнатов и др., 2014; Удовик и др., 2017; Долотов и др., 2017] средняя скорость отступления береговой линии на западном побережье Севастополя составляет около 1–1,4 м /год. Для отдельных участков скорость отступления берега достигает до 5 м/год (пляж Орловка, участки на пляже Учкучевка). При этом указанная скорость является усреднённой и основанной на оценках размеров сокращения берега на протяжении 50–70 лет<sup>1</sup>. Дополнительным фактором, влияющим на резкое увеличение как количества оползней, так и на их масштабы, является хозяйственная деятельность в приоползневой зоне. Недостаток точных данных не позволяет с высокой точностью определить факторы активизации опасных экзогенных процессов в прибрежной зоне.

Цель статьи — определение пространственных параметров и временной динамики проявления опасных процессов в прибрежной зоне Севастополя по данным лазерного сканирования.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве ключевых выбраны участки в районе Немецкой балки и в южной части городского пляжа Учкучевка, характеризующиеся развитием обвально-оползневых и абразионных процессов и максимальной скоростью отступления берегов (рис. 1). Берег сложен таврской свитой, состоящей из чередования жёлтовато-бурых светлых алевритов и алевритистых глин и характерных более тонких слоёв, окрашенных в красновато-бурый или ярко-красный цвет.

Ключевой участок в районе пляжа Учкучевка характеризуется интенсивными гравитационными (оползни и обвалы) и абразионными процессами (рис. 2).

Одновременно участок в районе Немецкой балки является модельным для определения величины антропогенного изъятия грунта. В зимний период 2017–2018 гг. северный борт Немецкой балки был срезан на половину высоты и террасирован (рис. 3).

Наземное лазерное сканирование выполнено с использованием трёхмерной лазерной сканирующей системы с экстремально высокой скоростью измерений (до 400 000 измер. / сек. и 240 скан лин. / сек.). Лазерное сканирование проведено в июле 2016 г., июле 2017 г., июле и октябре 2018 г. В результате измерений получены точки лазерных отражений, для которых вычислены пространственные координаты (x, y, z), форма и интенсивность отражённого сигнала. Полученные данные использованы для построения пространственных цифровых моделей измеряемых объектов.

Лазерное сканирование в районе пляжа Учкучевка выполнено с 38 точек наблюдения (рис. 4).

Длина побережья на ключевом участке Учкучевка составила около 250 м.

<sup>1</sup> Игнатов Е.И., Новиков А.А., Каширина Е.С., Калинин А.В. Природные опасности и показатели риска в Крымском федеральном округе. Использование и охрана природных ресурсов в России, 2016. № 2. С. 54–58.

Лазерное сканирование в Немецкой балке выполнено с 40 точек наблюдения. Отсканированы береговая линия длиной около 350 м с клифом, тальвег балки, южный задернованный и северный террасированный борта балки.



*Рис. 1. Характер побережья на ключевых участках:  
а) район Немецкой балки; б) пляж Учкюевка  
Fig.1. The nature of the coast in key sections:  
a) Nemetskaya gully; b) Uchkuevka beach*



*Рис. 2. Сохранившийся блок отседания на обвально-оползневом участке  
в районе пляжа Учкюевка (фото К. Журавлёвой)  
Fig. 2. Block slide in a landslide area  
near the Uchkuevka beach (photo by K. Zhuravleva)*

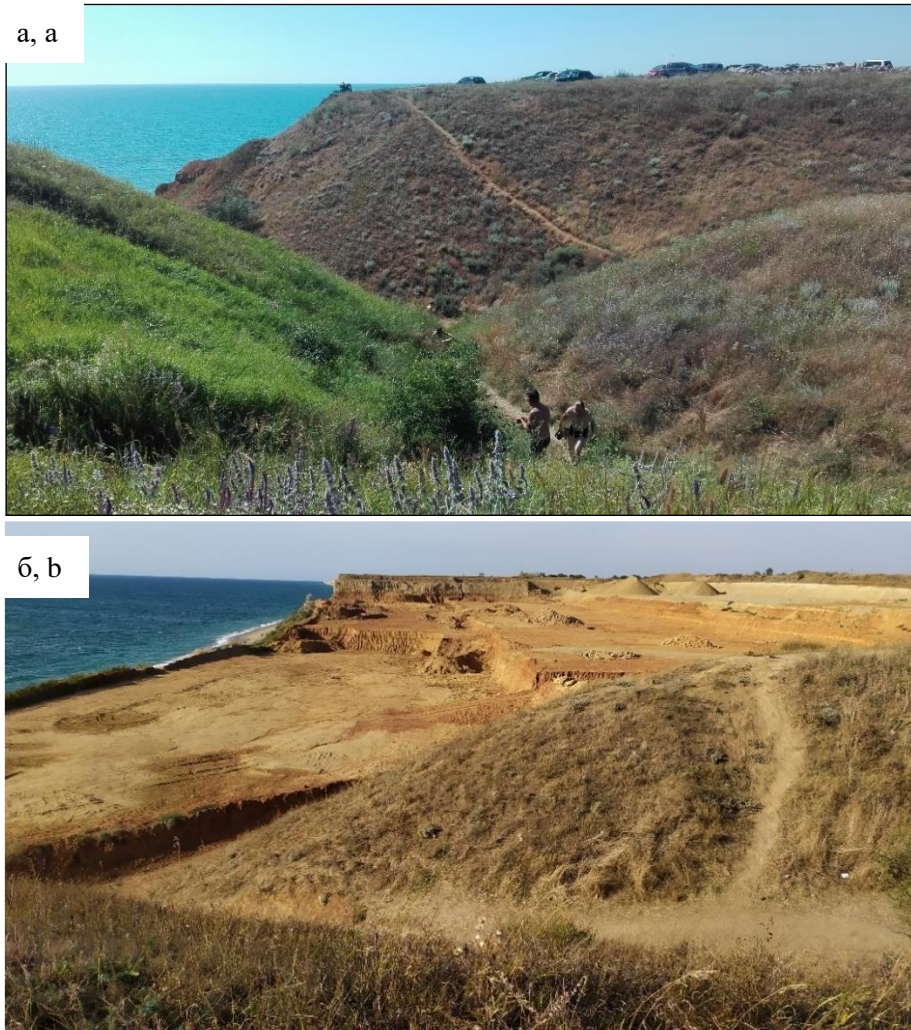


Рис. 3. Берег в районе Немецкой балки: а) 2017 г.; б) 2019 г.  
Fig. 3. The shore in the Nemetskaya gully: a) 2017; b) 2019

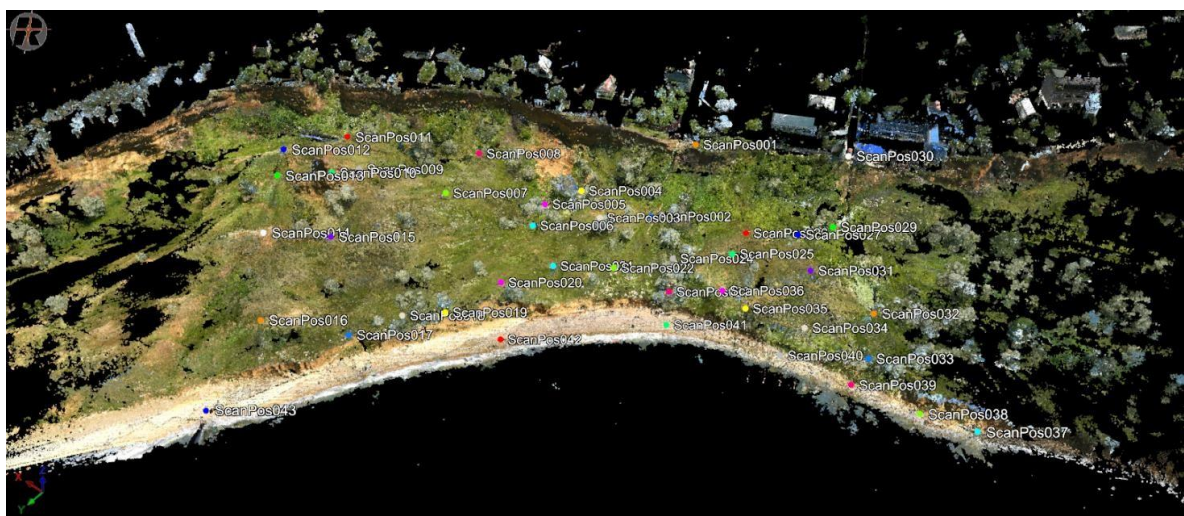


Рис. 4. Точки расположения лазерной съёмки на ЦМР южной части городского пляжа Учкуевка  
Fig. 4. Laser survey locations at the DEM of the southern part of Uchkuevka beach

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

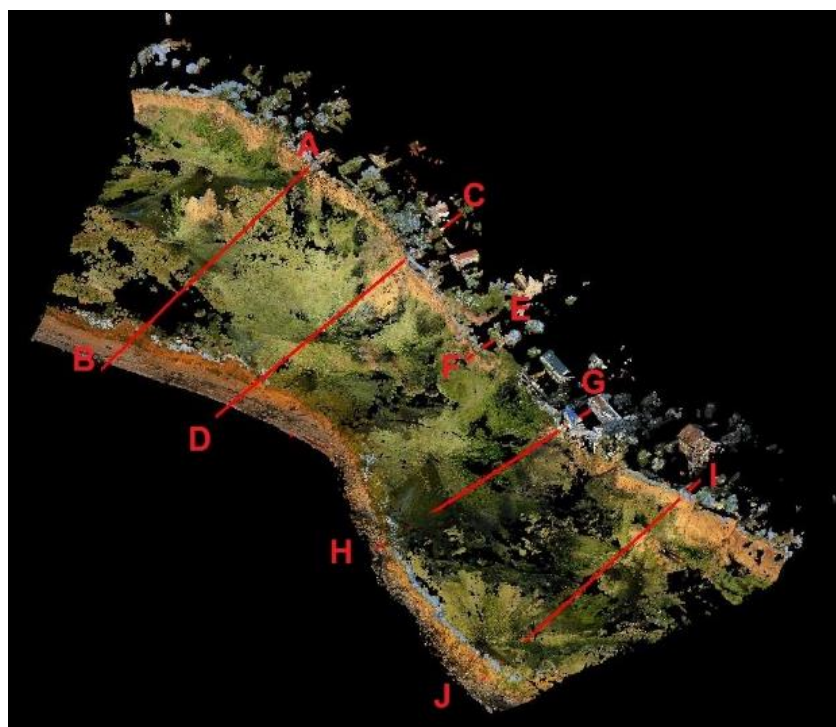
На основе полученных данных построена цифровая модель обвально-оползневых склонов в районе пляжа Учкueвка (рис. 5).

Для оценки динамики изменения рельефа побережья урочища Учкueвка на построенной ЦМР рассмотрено 5 профилей (рис. 6).

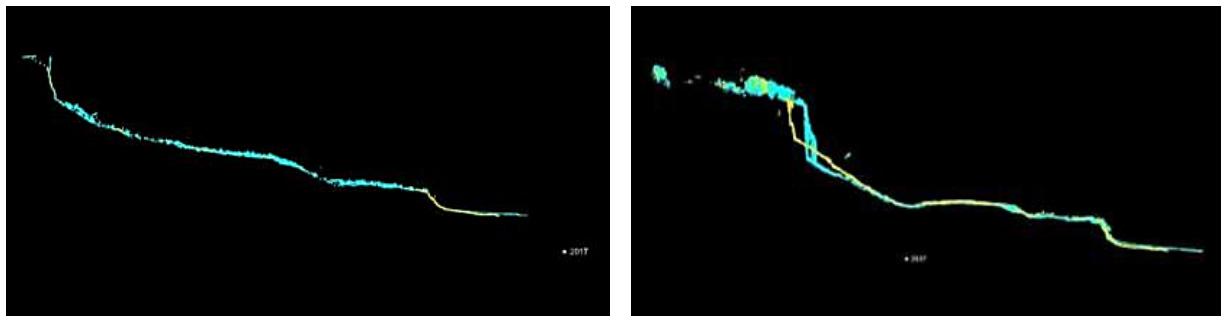
Расположение профилей соответствует участкам разной интенсивности разрушения клифа. Голубой линией показан профиль берега 2016 г., жёлтой — 2017 г. (рис. 7).



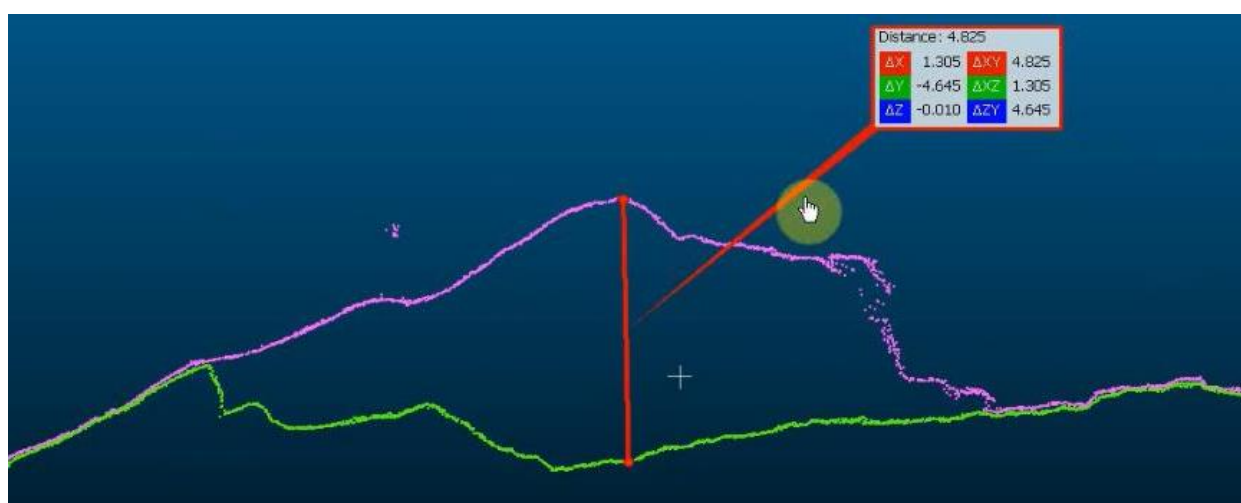
*Рис. 5. 3D модель обвально-оползневых склонов в районе пляжа Учкueвка*  
 Fig. 5. 3D model of landslide and rockslide slopes near the Uchkuevka beach



*Рис. 6. Расположение профилей на ЦМР, построенной по данным лазерного сканирования*  
 Fig. 6. The location of the profiles on the DEM, built according to laser scanning



*Рис. 7. Разрез по профилю А–В и профилю С–D  
(голубой цвет — 2016 г., жёлтый — 2017 г.)*  
*Fig. 7. A section along the A–B profile and the C–D profile  
(blue — 2016, yellow — 2017)*



*Рис. 8. Размеры блока отседания, вид сверху,  
2016 г. (зелёная линия), 2017 г. (сиреневая линия)*  
*Fig. 8. Dimensions of the block slide, top view,  
2016 (green line), 2017 (lilac line)*

Как видно из графических материалов, за год наблюдений бровка клифа отодвинулась в среднем на 0,8 м. На профиле D–C зафиксирован участок максимальной активности обвально-оползневых процессов на пляже Учкюевка в 2017 г. Размер блока отседания, отколовшегося от бровки уступа в 2017 г., составил 4,6–4,8 м (рис. 8). Горизонтальные параметры разрушения верхней части клифа за 2016–2017 гг. достигли 4 м.

Лазерное сканирование позволило определить морфометрические параметры не только блоков отседания, но и проседания склона (рис. 9).

Как видно из рис. 9, по профилю H–G наблюдается проседание склона, т.е. сокращение объёмов склонового материала. Максимальный размер проседания составил более 2 м за период с июля 2016 г. по июль 2017 г.

Абразия в период осенне-зимних штормов, а также вдольбереговые течения приводят к размыванию накопленных оползневых масс в пределах береговой полосы. Летом этот процесс затухает из-за ослабления ветровой активности, однако на отдельных участках побережья фиксируется смещение линии уреза вод и в тёплое время года. При сканировании лидаром линии пляжа были выделены участки максимального разрушения

берега морской волной, которое достигает 20 см за период лето 2016 — осень 2018 гг. (рис. 10, 11).

За указанный период максимальный размыв берега достигал 5 м. Участки максимального разрушения береговой линии на ЦМР в районе пляжа Учкучевка расположены в его средней и западной частях (рис. 12).

Район Немецкой балки является модельным для оценки как природных процессов отступления берега, так и антропогенного разрушения берегов. По данным, полученным в 2017 и 2018 гг., построены цифровые модели рельефа (рис. 13) и совмещённая модель (рис. 14).

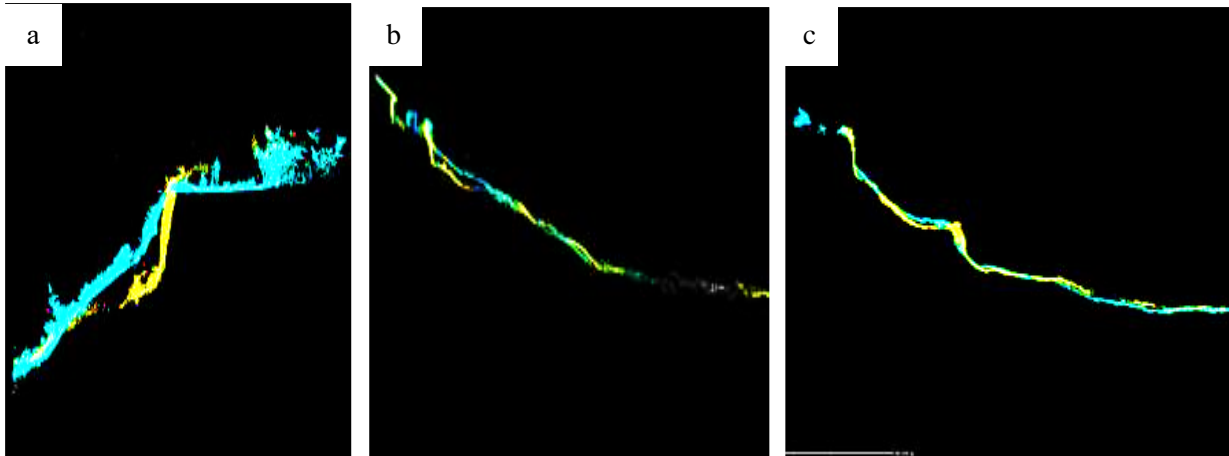


Рис. 9. Разрез по профилям E–F (a), H–G (b), I–G(c) 2016–2017 гг.  
 Fig. 9. Section by profiles E–F (a), H–G (b), I–G (c) 2016–2017

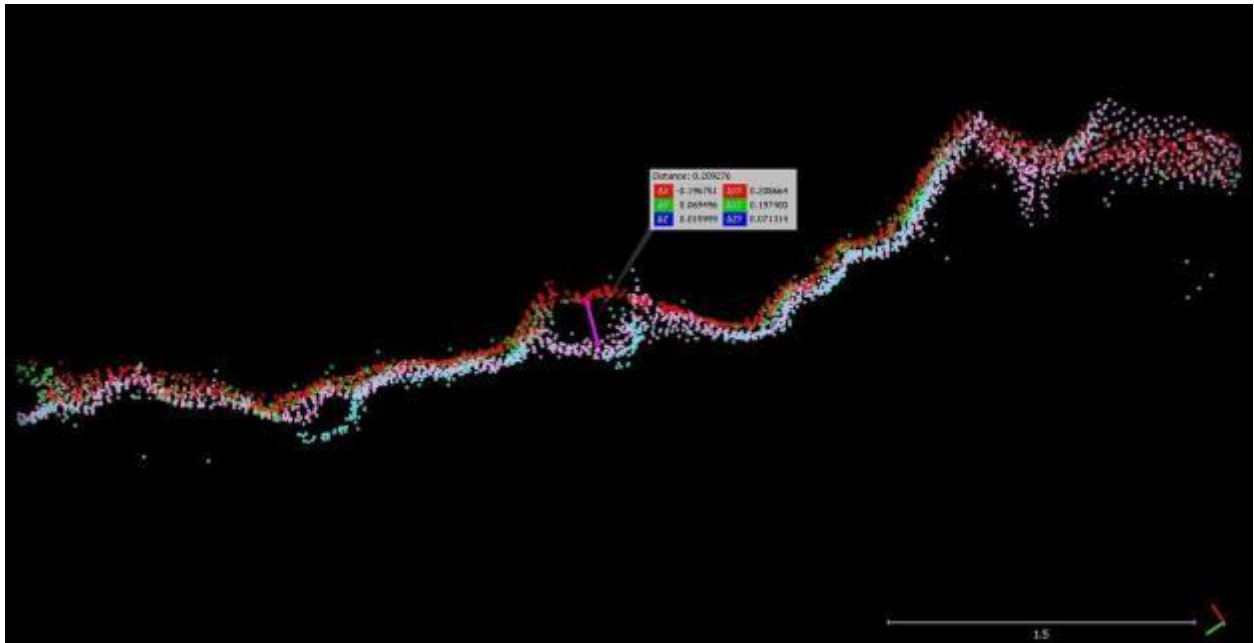


Рис. 10. Участки максимального разрушения берега морской абразией  
 Fig. 10. Areas of maximum coastal destruction by marine abrasion



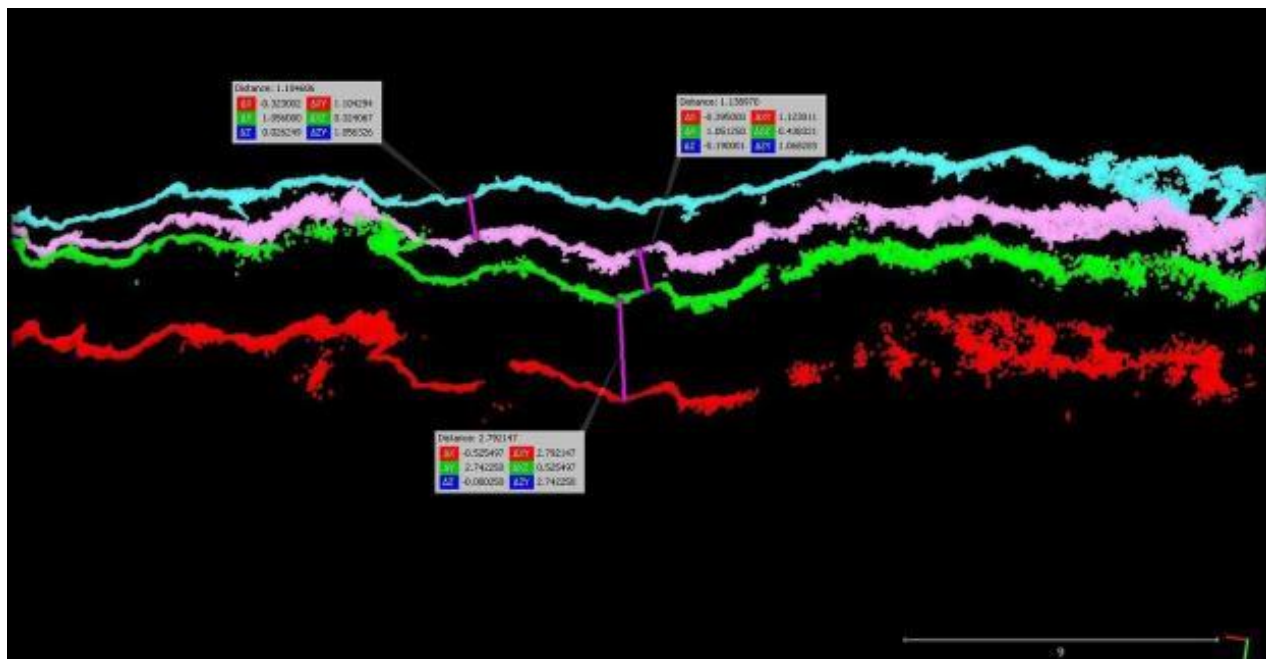


Рис. 11. Схема береговой линии летом 2016 г. (красная линия), летом 2017 г. (зелёная линия), летом (сиреневая линия) и осенью (голубая линия) 2018 г.  
 Fig. 11. The coastline in the summer 2016 (red line), in the summer 2017 (green line), in summer (lilac line) and in autumn (blue line) 2018

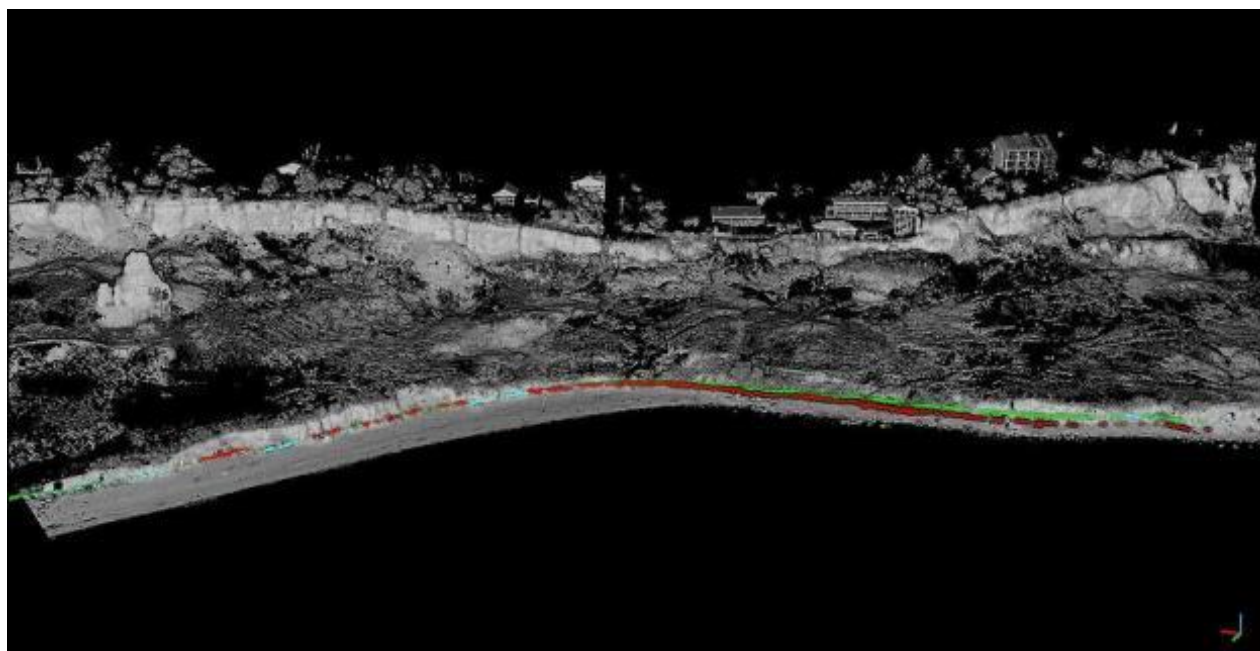
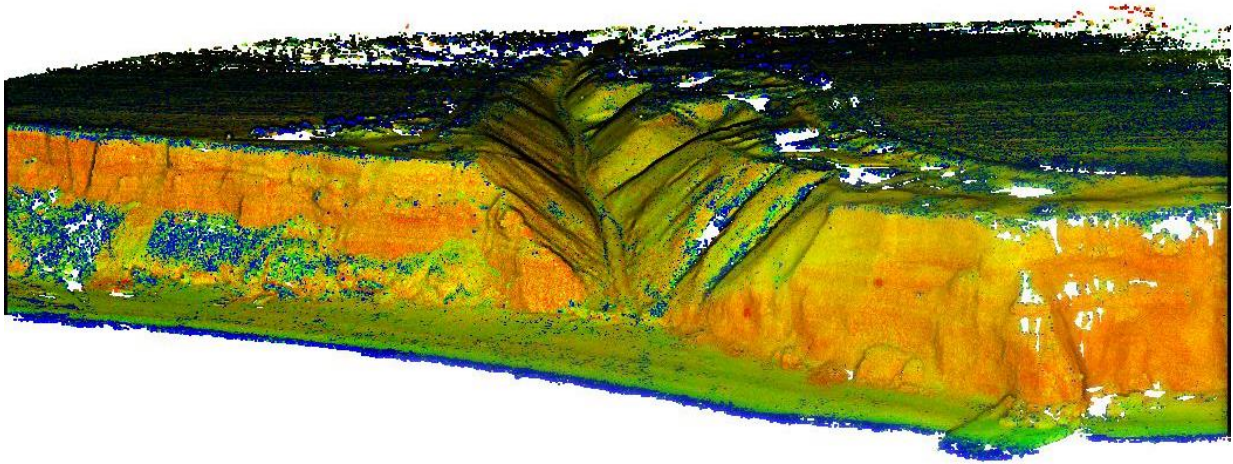
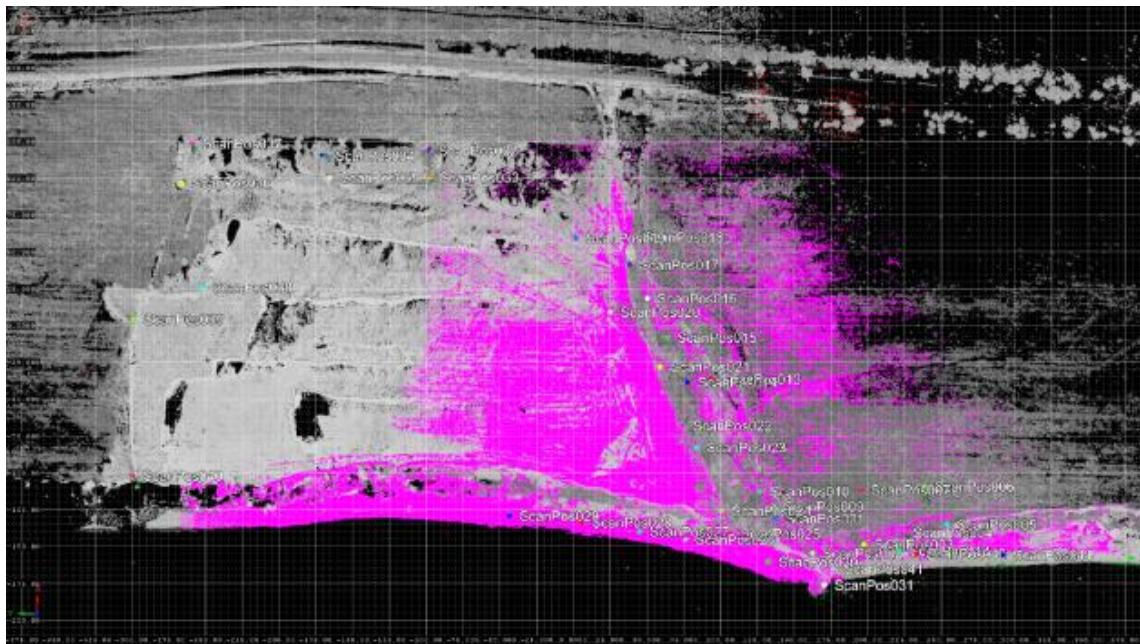


Рис. 12. Абразия берега к югу от пляжа Учкюевка (красный цвет)  
 Fig. 12. Coast abrasion south of Uchkuevka beach (red color)



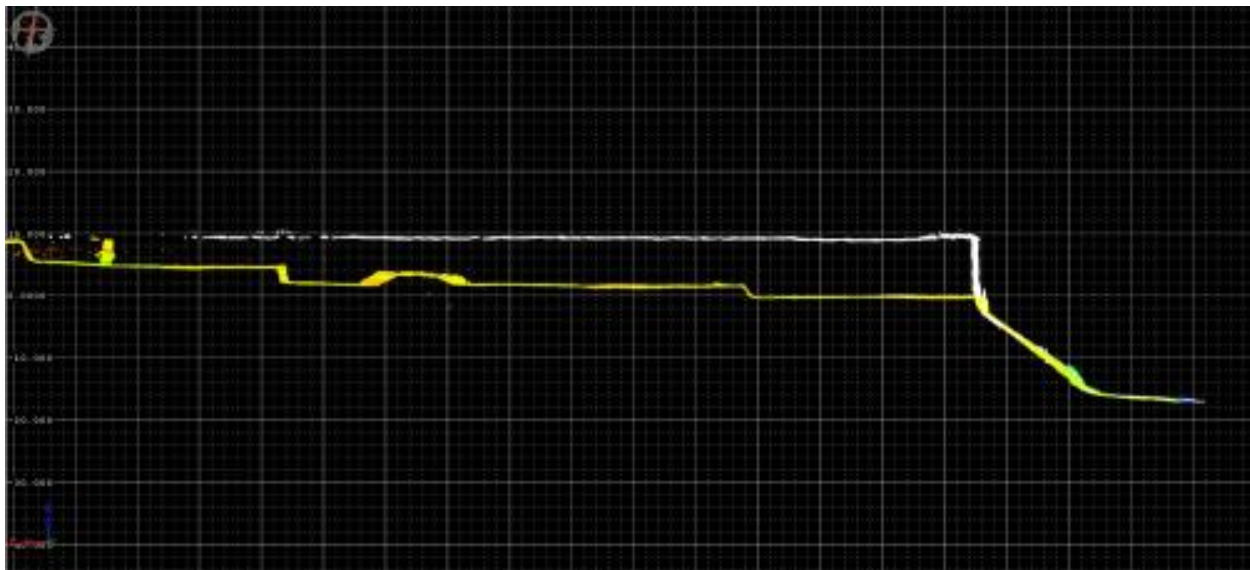
*Рис. 13. Цифровая модель обвально-оползневого побережья  
в районе Немецкой балки, 2017 г*  
*Fig. 13. Digital evaluation model of landslide coast  
near the Nemetskaya gully, 2017*



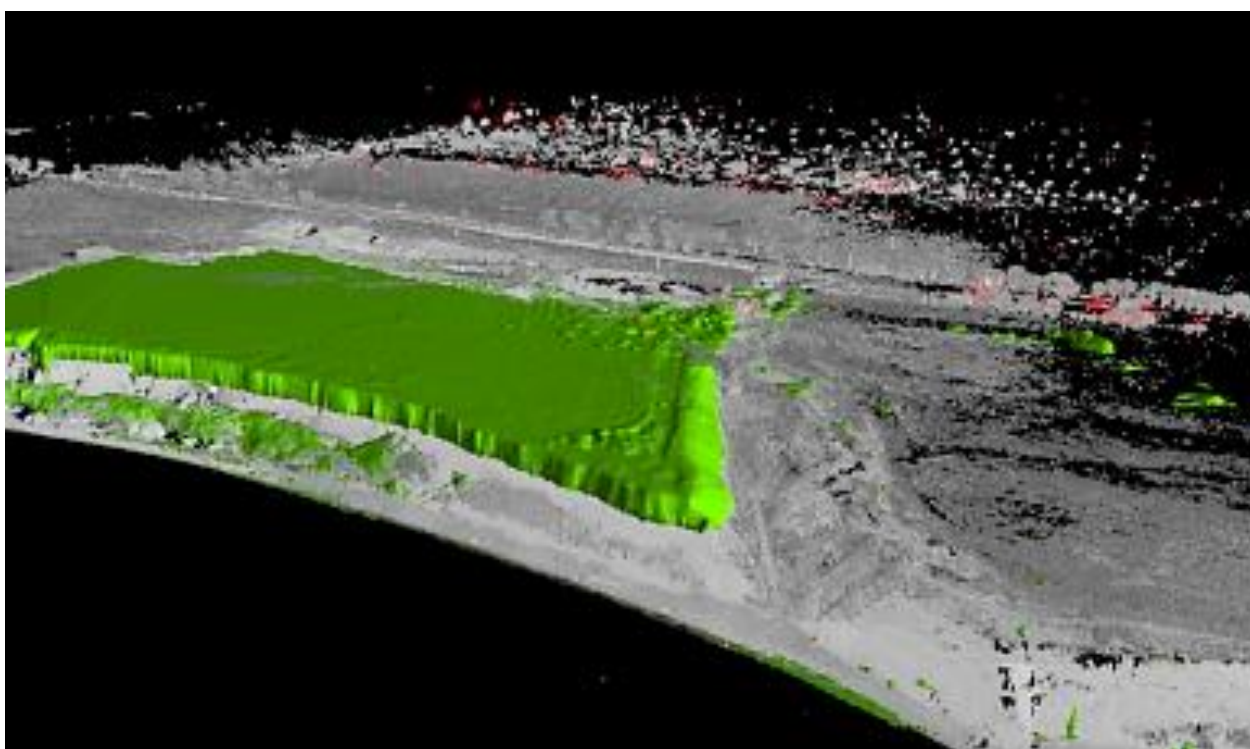
*Рис. 14. Совмещённые цифровые модели рельефа Немецкой балки  
за 2017 г. (серый цвет) и 2018 г. (розовый цвет)*  
*Fig. 14. Combined digital evaluation models of the Nemetskaya gully  
for 2017 (gray color) and 2018 (pink color)*

По данным совмещённой модели и построенного сечения прослежены изменения рельефа, произошедшие в результате экзогенных процессов и антропогенного вмешательства (рис. 15).

Как видно из модели, в результате террасирования участка на северном борту Немецкой балки образовался антропогенный «вырез» длиной около 150 м и шириной около 300 м. Глубина «выреза» составила от 10 м мощности у бровки над пляжем и 2,5 м у края со стороны дороги.



*Рис. 15. Сечение совмещённых цифровых моделей района Немецкой балки за 2017 г. (белый цвет) и 2018 г. (жёлтый цвет)*  
*Fig. 15. The cross-section of the combined digital models of the Nemetskaya gully for 2017 (white) and 2018 (yellow)*



*Рис. 16. Объём перемещённого грунта (выделен зелёным цветом), 2017–2018 гг.*  
*Fig. 16. The volume of relocated ground (highlighted in green), 2017–2018*

Для определения объёма вывезенного грунта и грунта, который образовался в результате оползней и осыпей, построена объёмная фигура. Для наглядности фигура загружена в облако точек 2018 г. Разница очертаний рельефа между 2017 и 2018 гг. показана зелёным цветом (рис. 16).

Расчёт показал, что объём вывезенного грунта составляет 393649,14 м<sup>3</sup>, а образовавшегося из-за осыпания кромки карьера — 28669,62 м<sup>3</sup>. При этом часть материала в аккумулятивных телах у подножия клифа накопилась в результате строительных работ и антропогенного перемещения грунта. Необходимо отметить наличие временной тенденции к расширению пляжа напротив устьевого участка балки, что объясняется перераспределением вдольбереговыми течениями дополнительных масс грунта, поступающих на подводную часть побережья в результате абразии этих аккумулятивных тел, оказавшихся в волноприбойной зоне пляжа.

## ВЫВОДЫ

1. Лазерное сканирование позволяет с высокой точностью оценить природную и антропогенную динамику берегов Севастополя, отличающихся локализацией различных экзогенных процессов и представляющих угрозу для хозяйственной деятельности населения.

2. Средняя скорость разрушения клифа в районе пляжа Учкеевка составила 0,8 м/год. Максимальная скорость разрушения клифа достигла 4,6 м, наблюдавшаяся на локальном десятиметровом участке сползания блока отседания.

3. В районе Немецкой балки в результате террасирования образовался антропогенный «вырез» длиной около 150 м, шириной около 300 м и глубиной от 2,5 до 10 м. Расчёт показал, что объём вывезенного грунта составил 393 649,14 м<sup>3</sup>, а образовавшегося из-за оползней и обвалов — 28 669,62 м<sup>3</sup>.

Таким образом, полученные результаты могут быть использованы для мониторинга опасных экзогенных процессов, моделирования и прогнозирования развития берегов и принятия решений для управления природопользованием в прибрежной зоне.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, грант № 18-45-920045 р\_а.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, grant No 18-45-920045 р\_a.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долотов В.В., Горячкин Ю.Н., Долотов А.В. Статистический анализ изменений береговой линии пляжа посёлка Любимовка. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря, 2017. № 1. С. 40–47.
2. Игнатов Е.И., Орлова М.С., Санин А.Ю. Береговые морфосистемы Крыма. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. 266 с.
3. Клюкин А.А. Экзогеодинамика Крыма. Симферополь: Таврия, 2007. 320 с.
4. Мысливец В.И., Бредихин А.В., Сафьянов Г.А., Рычагов Г.И., Игнатов Е.И., Жиндарев Л.А., Лукьянова С.А., Соловьёва Г.Д., Бадюкова Е.Н., Репкина Т.Ю., Шипилова Л.М., Селезнёва Е.В. Проблемы прогноза развития морских берегов европейской России (ст. 2. Морфодинамика берегов и принципы прогноза их развития). Геоморфология, 2018. № 1. С. 54–65.
5. Сафьянов Г.А. Геоморфология морских берегов. М.: Издательство Московского университета, 1996. 400 с.
6. Удовик В.Ф., Харитоновна Л.В., Горячкин Ю.Н. Мониторинг состояния городских пляжей Севастополя. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря, 2017. № 4. С. 86–94.

7. *Leatherman S.P.* Modelling shore response to sea-level rise on sedimentary coasts. *Progress in Physical Geography*, 1990. V. 14. No 4. P. 447–464.
8. *Wright L., Syvitski J., Nichols C., Zinnert J.* Coastal morphodynamics and ecosystem dynamics. *Tomorrow's coasts: complex and impermanent*, 2019. V. 27. P. 69–84. DOI: 10.1007/978-3-319-75453-6\_5.

#### REFERENCES

1. *Dolotov V.V., Goryachkin Yu.N., Dolotov A.V.* Statistical analysis of changes in the coastline of the beach in the Lyubimovka village. *Environmental safety of the coastal and shelf zones of the sea*, 2017. No 1. P. 40–47 (in Russian).
  2. *Ignatov E.I., Orlova M.S., Sanin A.Yu.* Coastal morphosystems of Crimea. Sevastopol: ECOSI-Hydrophysics, 2014. 266 p. (in Russian).
  3. *Klyukin A.A.* Exogeodynamics of Crimea. Simferopol: Tavria, 2007. 320 p. (in Russian).
  4. *Leatherman S.P.* Modelling shore response to sea-level rise on sedimentary coasts. *Progress in Physical Geography*, 1990. V. 14. No 4. P. 447–464.
  5. *Myslivets V.I., Bredikhin A.V., Safyanov G.A., Rychagov G.I., Ignatov E.I., Zhindarev L.A., Lukyanova S.A., Solovieva G.D., Badiukova E.N., Repkina T.Yu., Shipilova L.M., Selezneva E.V.* Problems of forecasting the development of the coasts of European Russia (Article 2. Morphodynamics of the coasts and principles of forecasting their development). *Geomorphologiya*, 2018. No 1. P. 54–65 (in Russian).
  6. *Safyanov G.A.* Geomorphology of sea coasts. Moscow: Moscow University Press, 1996. 400 p. (in Russian).
  7. *Udovik V.F., Kharitonova L.V., Goryachkin Yu.N.* Monitoring the state of city beaches in Sevastopol. *Environmental safety of coastal and shelf zones of sea*, 2017. No 4. P. 86–94 (in Russian).
  8. *Wright L., Syvitski J., Nichols C., Zinnert J.* Coastal morphodynamics and ecosystem dynamics. *Tomorrow's coasts: complex and impermanent*, 2019. V. 27. P. 69–84. DOI: 10.1007/978-3-319-75453-6\_5.
-