

Кравцова В.И.¹, Другов М.Д.²

ИЗМЕНЕНИЯ ДЮННОГО РЕЛЬЕФА АНАПСКОЙ ПЕРЕСЫПИ ПО МАТЕРИАЛАМ ПОВТОРНОГО ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Анапская пересыпь из-за сильного антропогенного воздействия испытывает деградацию. Для разработки мер ее охраны нужна информация о текущих изменениях ее рельефа. Такие данные получены методом воздушного лазерного сканирования с разрешением по высоте 1 см, выполненного в 2013 и 2015 гг. Рассчитана разностная цифровая модель рельефа (ЦМР), выявившая изменения высоты поверхности за 2 года. Сопоставление разностной ЦМР с картами ландшафтно-морфологической структуры пересыпи, составленными ранее по космическим снимкам сверхвысокого разрешения и цифровым аэроснимкам, позволило выявить изменения рельефа, разные по виду и генезису. На всем протяжении пересыпи выделен 41 участок, различающийся по характеру изменений рельефа. Они сгруппированы в 7 районов с преобладанием разных типов изменений. Все изменения разделены на природные, характерные для естественных ветровых и волновых процессов, природно-антропогенные (в которых природные деструктивные процессы возбуждены или усилены антропогенным вмешательством) и антропогенные изменения. Природные процессы преобладают лишь на 30 % протяжения пересыпи, среди них: ветровая аккумуляция песка на пляжных дюнах; выдувание песка с наветренных склонов дюнных валов и аккумуляция его за гребнями; волновой размыв обращенных к морю склонов дюнных валов на узком пляже. В районах антропогенного воздействия при нарушении растительного покрова процессы выдувания на наветренных склонах дюнных валов резко усиливаются. По поперечным проездам к пляжу образуются коридоры выдувания-заплеска волн с эоловыми и гидрогенными конусами выноса, размыв по которым зафиксирован разностной ЦМР. Наиболее сильны антропогенные изменения: срытие дюн, засыпание озер для подготовки к строительству; разрушение защитных валов и возведение новых.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пересыпь, изменения рельефа, лазерное сканирование, антропогенное воздействие.

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail*: valentinamsu@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail*: midrug@gmail.com

Valentina I. Kravtsova¹, Mikhail D. Drugov²

CHANGES OF ANAPA BAY BAR DUNE RELIEF BASED ON REPEATED AIRBORNE LASER SCANNING

ABSTRACT

Anapa bay bar degrades due to strong anthropogenic impact [Krylenko, 2012]. Information about current morphological changes is necessary for developing of measures for its conservation. This data were obtained from air laser scanning survey, carried out in 2013 and 2015 with 1 cm height resolution. Calculated difference digital elevation model (DDEM) has revealed changes of bay bar relief for 2 years. Comparison of DDEM with maps of bay bar landscape-morphological structure, compiled at preceding years by high resolution satellite images and digital air photos, allowed to investigate various by type and genesis morphological changes. 41 spots with different character of morphological changes, were allocated. They were grouped into 7 regions with prevailing of specific type of changes. All changes were divided to: natural, with natural wind and waves processes; natural-anthropogenic (where natural destructive processes are intensified by human impact) and anthropogenic changes. Natural processes prevail only at 30 % of bay bar. The main of them are: aeolian accumulation of sand at beach dunes; sand blowing out at windward slopes of dune ridges and accumulation behind the ridge; wave abrasion of dune seaward slope at narrow beach. In regions with anthropogenic impact and destruction of vegetation cover, processes of sand blowing out at windward slopes are intensified. Along transverse roads to beach blowouts with aeolian and hydrogen cones are forming; erosion along them was detected by DDEM. Anthropogenic changes are the strongest: dunes are digging out; lakes are filling up during preparation for construction; destroying of defense ridges and creation of new ones for optimization of their position.

KEYWORDS: bay bar, relief changes, laser scanning, anthropogenic impact.

ВВЕДЕНИЕ

Анапская пересыпь – крупная аккумулятивная форма берегового рельефа на северо-восточном побережье Черного моря – представляет собой ценный рекреационно-бальнеологический ресурс. Сочетание песчаных пляжей, дюнного рельефа, климатических и грязелечебных условий привлекает сюда все больше отдыхающих, однако использование территории пока никак не регулируется. Резко усилившееся антропогенное воздействие вызывает деградацию ландшафтов пересыпи, ставя под вопрос само ее в дальнейшем как уникальной природной системы [Крыленко, 2012]. Для разработки мер защиты и охраны пересыпи необходим мониторинг ее современного состояния и изменений. Южное отделение института океанологии (ЮО ИО) РАН совместно с географическим факультетом МГУ осуществляют такой мониторинг. Материалы аэрокосмической съемки используются для детального картографирования современного состояния рельефа и ландшафтов пересыпи, выполненного в 2012–2017 гг., а для исследования изменений рельефа в 2013 и 2015 гг. проведено воздушное лазерное сканирование (ВЛС) с интервалом 2 года. Цель этой статьи – выявить, как меняется

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail*: valentinamsu@yandex.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail*: midrug@gmail.com

рельеф пересыпи от года к году, установить, каковы основные природные динамические процессы рельефообразования и выяснить, как они преобразуются в условиях антропогенного воздействия. Изучению эоловых процессов на аккумулятивных морских берегах посвящен ряд работ, основанных на натуральных наблюдениях и экспериментах [Егоров, 1957; Зенкович, 1958; Айбулатов, 1966; Выхованец, 2003], в наших же исследованиях эти процессы впервые изучаются на основе дистанционных методов с применением ВЛС.

Район исследований – Анапская пересыпь – простирается на 47 км от южной оконечности Таманского полуострова – м. Железный рог – на севере до м. Анапский на юге (рис.). Литодинамическая система пересыпи состоит из абразионного участка с прислоненным пляжем (коренной берег Таманского полуострова), участков аккумулятивных террас (Веселовская терраса, Благовещенский останец, Анапская терраса) и пересыпей, отделяющих от Черного моря лиманы (лагуны) – оз. Соленое, лиманы Бугазский (с Кизилташским), Витязевский, оз. Чембурское, Анапские плавни.



Район исследований – Анапская пересыпь
 Research Area – Anapa bay bar

В поперечном строении собственно пересыпи как аккумулятивной формы прослеживаются три основные зоны: пляж, зона дюн, зона бугристых песков. За ними следует либо берег лимана, либо отмерший клиф [Косьян, Крыленко, 2014]. Район пересыпи в рекреационном отношении освоен неравномерно. Хотя первые лечебницы в Анапе появились уже в конце XIX в., масштабное освоение территории произошло в послевоенные годы. К настоящему времени сомкнулась застройка рекреационной зоны Анапы и поселков Джемете и Витязево, заняв прилиманное понижение Анапских плавней и бугристые пески под уступом Анапской террасы. В центральной части пересыпи,

у Благовещенского останца, базы отдыха ст. Благовещенской заняли участок пересыпи, примыкающий к прилиманному понижению западного края Витязевского лимана. В западной части района, вблизи пос. Веселовка, на пересыпь надвигается новая рекреационная зона. Участки пересыпи, близлежащие к застроенным, осваиваются любителями экстремальных видов спорта. Рекреационно не освоенными пока остаются лишь участки в средней части Бугазской пересыпи и Витязевская пересыпь.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование базируется на материалах двух типов: детальных картах ландшафтно-морфологической структуры пересыпи и данных об изменении высоты поверхности за 2 года по результатам повторного ВЛС.

Ландшафтно-морфологическая структура пересыпи изучены по снимкам со спутника WorldView-2 2011 г. (с разрешением 2 м) и цифровым аэрофотоснимкам 2013 г. (с разрешением 10 см) и закартографированы на основе их полевого дешифрирования. В предшествующие годы в лаборатории аэрокосмических методов географического факультета МГУ составлены крупномасштабные (1 : 5000, а в журнальном варианте 1 : 10 000) карты ландшафтно-морфологической структуры различных участков пересыпи, теперь покрывшие ее практически на всем протяжении [Кравцова, Фалалеева, 2015]. Карты отражают текущее состояние рельефа пересыпи как результат длительного действия рельефообразующих процессов.

Для выявления результатов протекания этих процессов на небольшом интервале времени и с количественной оценкой краткосрочных изменений рельефа использовались материалы воздушного лазерного сканирования, выполненного одновременно с аэросъемкой с легкого самолета аппаратурой ALS-70-СМ производства Leica Geosystems в 2013 и 2015 гг. [Войко et al., 2015]. По материалам лазерного сканирования созданы ЦМР и разностная ЦМР [Кравцова и др., 2017], по которым исследовались изменения дюнного рельефа за 2 года.

Сопряженный анализ карты ландшафтно-морфологической структуры и разностной ЦМР, проведенный последовательно, от участка к участку, на всем протяжении пересыпи позволяет установить, каким элементам ландшафтно-морфологической структуры свойственны изменения высоты поверхности за относительно небольшой (двухлетний) интервал времени, каков характер этих изменений и их интенсивность, с чем связаны эти изменения, в какой мере определяются естественными природными процессами и как трансформируются при антропогенном воздействии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Материалы последовательного сопоставления карт ландшафтно-морфологической структуры и разностной ЦМР на всем протяжении пересыпи представлены в табл. Выделены участки, в пределах которых характер рельефа и его изменений сохраняется. 41 участок отмечен на рис. 1, где отражено также преобладание изменений, разных по генезису – природных, природно-антропогенных или антропогенных. Участки сгруппированы по 7 географически различающимся районам пересыпи (в зависимости от того, какие лиманы она отчленяет или к каким клифам примыкает, а также от изменения направления береговой линии, определяющего ветровую экспозицию берега, и от характера рекреационного использования территории). В таблице кроме номера участка приведены также номера опорных профилей, используемых ЮО ИО РАН в исследованиях пересыпи, и указана протяженность участков.

Изменения дюнного рельефа Анапской пересыпи за 2013–2015 гг.
Changes of Anapa bay bar dune relief for 2013–2015

№	Профиль	Длина, км	Особенности участка и изменения рельефа на нем
I. Пересыпь озер Соленого и Горького, западный край Бугазской пересыпи			
1	45	0,2	Участок на южном берегу Таманского п-ова, выше начала аккумулятивного тела пересыпи с дюнными валами. Под уступом коренных пород образовался песчаный вал волновой аккумуляции. По разностной ЦМР отмечается увеличение высоты вала. Вал формируется из песка пляжа за счет волнового заплеска и последующего перевевания просохшего песка. На крутых участках уступа разностная ЦМР отмечает значительное понижение поверхности за счет оползней, обвалов, а также мощный вал накопления материала под ними
2	45 44	1,3	Пересыпь оз. Соленого. Участок, на котором сформировавшийся в прошлом дюнный вал был разрушен, затем на его месте для проведения массовых мероприятий был создан искусственный вал, но в исследуемый период 2013–2015 гг. последовало его разрушение. Изменения рельефа вызваны растаптыванием остатков естественного и искусственного вала, их волновое разрушение с образованием галечникового волноприбойного «вала» высотой 0,5 м (кромки волнового заплеска гальки). На участках разреженной растительности в тылу разрушенных валов происходит эоловое накопление песка, наблюдается начальная стадия образования навейных пляжных дюн
3	43 42	1,0	Участок выхода к морю застройки пос. Веселовка и дальнейшего распространения строительства в прилиманные понижения. Зона неорганизованной рекреации с свободным подходом к морю. Дюнный пояс уничтожен и заменен искусственными валами. Для разных частей участка характерны: а) размыв пляжа перед валами из ракушечника; б) размыв пляжа и остатков естественного дюнного вала, с перехлестыванием волн через него и отложением материала (морского мусора) за бывшим валом; в) размыв ранее созданного защитного вала и создание нового, на новом месте, либо создание нового вала за счет срытия старого – в целях оптимизации положения защитных валов. В прилиманном понижении изменения рельефа связаны со строительством – произведено засыпание прилиманного озера и других понижений рельефа, и, напротив, образование карьеров на прилегающих склонах для изъятия грунта для засыпания озер и болот
4	42 41	1,2	Участок пересыпи оз. Горького, перемычки между ним и Бугазским лиманом и пересыпи в крайней западной части Бугазского лимана. Это участок интенсивной рекреации (народного грязелечения в оз. Горьком; сезонного лагеря любителей кайтинга и виндсерфинга на Бугазском лимане). Береговой дюнный вал здесь почти уничтожен, и пересыпь представлена бугристыми песками, расчлененными густой сетью проходов к морю. Изменения рельефа включают уничтожение остаточных участков берегового дюнного вала, а в прилиманном понижении между Бугазским лиманом и оз. Горьким – срытие повышенных участков с зарослями растительности для выравнивания территории под строительство и для организации транспортных стоянок. В поясе бугристых песков идет перевевание, с отложением материала на закрепленных растительностью участках

№	Профиль	Длина, км	Особенности участка и изменения рельефа на нем
II. Средняя часть Бугазской пересыпи (до кефалевого хозяйства)			
5	41	0,5	Переходный участок между зоной значительного антропогенного воздействия и «природной» территорией в западной части Бугазской пересыпи. Это район кратковременного проживания рекреантов с размещением палаток на пляже. В связи с уменьшением антропогенной нагрузки сохранились отдельные фрагменты дюнного вала. В отличие от предыдущего участка, где дюнный пояс рассечен густой сетью проходов, здесь более редкая сеть проездов к морю, но со значительными участками их расширения при приближении к пляжу, вокруг которых образуются крупнобугристые пески. Разностная ЦМР фиксирует значительные площади навевания песка на буграх с кочками полыни по бортам этих расширенных съездов
6	41	0,3	Участок появления дюнного вала, пока еще не сомкнутого. Расчленяющие его редкие проезды к морю завершаются при выходе на дорогу вдоль лимана конусами выноса песка с бугристым эоловым рельефом. На этих конусах разностная ЦМР отмечает пятнистое развевание песка. На остальных участках рельеф за 2 года стабилен
7	41 40	1,3	Начало единого берегового дюнного вала большой протяженности, расчлененного редкой сетью поперечных проездов. Неширокий (30–40 м) пляж способствует подмыванию дюнного вала волнением и образованию асимметричного профиля вала – крутого мористого наветренного склона и более пологого подветренного. Во второй половине участка за береговым дюнным валом появляются срединные валы. В пределах этого участка происходит не только волновая обработка мористого склона, но и полный волновой размыв части дюнного вала с образованием на месте вала с пологими склонами асимметричного вала с крутым мористым и пологим обратным склоном
8	39	0,8	Протяженный участок почти непрерывного берегового дюнного вала в районе наиболее полного развития дюнного пояса со срединными валами, межваловыми котловинами и бугристыми песками. Традиционная для дюнного вала картина развевания наветренного склона и отложения песка за гребнем в виде ветровых шлейфов, образующих сплошную вдольгребневую зону аккумуляции. В конце участка – небольшие пятна развевания песка по поперечным коридорам
9	39 38	0,2	На этом небольшом участке берегового дюнного вала и бугристых песков динамика берегового дюнного рельефа не выражена
10	38	0,7	Аналогично участку 8 – сплошной береговой дюнный вал, сопровождаемый с тыла бугристыми песками и срединными дюнными валами с межваловыми котловинами. Типичная для дюнного вала картина небольшого развевания песка на наветренном склоне, переноса его за гребень и отложения на подветренном в виде шлейфов ветровой аккумуляции сохраняется. На прилиманном понижении этого и соседних участков отмечается пятнистое увеличение высоты, связанное с разным состоянием тростниковой растительности в моменты съемок
11	37	0,2	Участок по характеру рельефа в целом аналогичен участкам 8 и 10, но отличается более узким пляжем. Происходит размыв мористого наветренного склона берегового дюнного вала с образованием шлейфов аккумуляции на подветренном склоне

Продолжение табл.

№	Профиль	Длина, км	Особенности участка и изменения рельефа на нем
12	37 36	1,2	Участок, по характеру рельефа аналогичный участкам 8, 10, с протяженным сплошным береговым дюнным валом, внутренними валами, межваловыми котловинами и бугристыми песками. Характерно развитие шлейфов эоловой аккумуляции песка за гребнем дюнного вала без признаков развевания или размыва наветренного мористого склона
13	36	0,3	Продолжение сплошного берегового дюнного вала с крутым мористым наветренным и пологим подветренным склонами. Перед современным валом на пляже сохраняются остатки ныне размывтого более широкого вала в виде островных бугров и кочек полыни. За береговым валом в дюнном поясе следует серия внутренних валов, направленных под углом 45° к береговому, поднимающихся над прилиманным понижением. Развитие бугристых песков не характерно
14	35	0,5	Участок очень низкого, местами исчезающего берегового дюнного вала, за которым сформированы короткие, направленные под углом 45° к берегу внутренние валы с межваловыми котловинами между ними и бугристыми песками. Зона аккумуляции песка не следует четко за гребнем берегового вала, а имеет пятнистый характер и связана с внутренними валами. На оголенных наветренных склонах отдельных внутренних дюн есть четкие пятна развевания песка, видимо, из-за антропогенного уничтожения растительности
15	35 34	0,4	Участок исчезающего берегового вала, где вместо него появляется уступ от бугристых песков к пляжу, рассеченный поперечными ложбинами. В устьевых частях выходящих к пляжу ложбин – пятна резкого размыва; размыв характерен и для мористых склонов сохранившихся участков берегового вала. В бугристых песках вокруг поперечных ложбин пятна аккумуляции неопределенной формы, которые приходятся на наветренные склоны внутренних валов
16	34	1,0	На участке перед кефалевым хозяйством пляж расширяется и размыва дюнного вала здесь нет. На выпуклых участках наветренных склонов дюн и в бугристых песках наблюдаются пятна аккумуляции песка
III. Восточная часть Бугазской пересыпи (от кефалевого хозяйства до комплекса «Кассандра»)			
17	33	1,0	В районе кефалевого хозяйства естественный дюнный рельеф пересыпи практически не сохранился. Основные элементы здесь – водообменный канал между морем и Бугазским лиманом шириной 15–20 м с пропускным шлюзом, окаймленный с обеих сторон защитными валами. К ним прилегают широкие (50 м) песчаные полосы со следами подгребания песка к валам. Кроме главного канала имеются два дополнительных справа и слева от него, также обвалованных. В районе каналов береговая линия выдвинута в лиман до 400 м, образуя полуостров; накопление материала на нем обусловлено особенностью течений в лимане. Участок юго-восточной главного канала расчищен, выровнен и занят застройкой сотрудников хозяйства. Зафиксированные ЦМР изменения рельефа в этом районе связаны с разрушением защитных валов и их возобновлением

№	Профиль	Длина, км	Особенности участка и изменения рельефа на нем
18	32	0,7	Участок мощного размыва берега и прорыва морских вод к лиману. Произошел размыв пляжа и широких ложбин на наветренном склоне дюнного вала, выходящих к пляжу, а на участке протяженностью 300 м, на расстоянии 300–600 м южнее прямоугольной защитной стенки, полностью размывты береговые дюнные валы со слабым отложением материала за ними. По одной из поперечных ложбин произошел прорыв морских вод за линию дороги, идущей вдоль лимана, размыв вдоль дорожного защитного вала и участка прилиманного понижения. С южной стороны от дороги возведен новый защитный вал
19	31	1,6	Узкий (70–100 м) участок Бугазской пересыпи между кефалевым хозяйством и расширением пересыпи перед Благовещенским останцом. На всем этом, как и на предыдущем участке, разбросаны временные домики кайтеров, и он схож с участком рекреации экстремальных спортсменов у северо-западного окончания Бугазского лимана. На этом участке нет единого четкого берегового дюнного вала, вместо этого – разрозненные фрагменты дюн, разделенные ровными песчаными пространствами между ними, представляющими собой расширенные коридоры выдувания-заплеска, образовавшиеся по линиям проезда транспорта. Характерны пятна размыва песка по коридорам, особенно перед подножиями отдельных дюнных бугров. Одновременно наблюдается навевание и отложение песка на наветренных склонах бугров и частично на подветренных. Наблюдается также аккумуляция песка на придорожных валах севернее дороги и возобновление вдоль дорожных валов, играющих роль защитных
20	30	1,1	Расширенная часть Бугазской пересыпи перед Благовещенским останцом. Единого дюнного фронтального берегового вала на этом участке нет, он фрагментирован многочисленными и разно направленными ложбинами – коридорами выдувания-заплеска, между которыми сохранились расширенные участки дюн разной ориентировки, не имеющих четко выраженных гребней. Идет навевание песка с пляжа на мористые склоны дюн, в западной части района значительное и повсеместное, а в восточной менее сильное. Оно сопровождается развеванием участков коридоров выдувания-заплеска, особенно в местах их пересечения, более сильным в восточной части района, где сеть поперечных проездов гуще и разветвленной
21	29	0,6	Участок с полностью уничтоженным дюнным рельефом, выравниванием территории и застройкой рекреационного комплекса «Кассандра». На остатках дюнного рельефа между двумя блоками застройки наблюдается навевание песка на наветренных склонах дюнных бугров и развевание или размыв вдоль проездов – коридоров выдувания-заплеска. В пределах застроенных территорий произошли изменения антропогенного характера – вырыто углубление для постройки бассейна, выполнено подсыпание грунта на площадках между зданиями. На берегу Бугазского лимана под крутым абразионным уступом Благовещенского останца полоса увеличения высоты поверхности приходится на берег лимана с тростниковой и кустарниковой растительностью и может быть связана с изменением ее состояния в разные даты съемки (как и на других участках прилиманного понижения Бугазского лимана)

Продолжение табл.

№	Профиль	Длина, км	Особенности участка и изменения рельефа на нем
IV. Пересыпь, примыкающая к клифу Благовещенского останца и кутовой части Витязевского лимана с рекреационной застройкой станции Благовещенской			
22	29 28	1,4	Участок Благовещенского останца без фронтального берегового дюнного вала, но с надувными дюнами на поверхности останца, на высоте 20 м. Рельеф этих дюн стабилен, наблюдается небольшое развевание наветренных склонов. Под уступом останца на пляжных дюнах и на оголенных участках причлененных дюн идет небольшое навевание и отложение песка. Слабый шлейф навевания наблюдается также выше бровки уступа. В восточной части уступ пересекают два глубоких эрозионных вреза, в которых, возможно, идет изъятие песка на строительные нужды. В средних частях этих врезов произошло резкое понижение поверхности, а на окружающих врезе дюнных буграх идет навевание и аккумуляция песка. Перед первым врезом образовался вал из перемещенного вниз материала, а перед вторым он размывает. В восточной части участка, у погранзаставы, где пляж сужается, идет размыв (или развевание) крутого уступа и аккумуляция песка выше бровки уступа
23	27 26	1,5	Участок, где уступ Благовещенского останца отступает на восток, освобождая на берегу пространство для развития дюнного рельефа. В слабо развитом дюнном рельефе с нечетко выраженным фронтальным дюнным валом, сильно фрагментированным поперечными проездами, и небольшими отходящими от него под косыми углами внутренними валами и бугристыми песками, расчлененными густой сетью проездов и проходов к пляжу, наблюдается пестрая картина чередования пятен развевания песка на лишенных растительности участках наветренных склонов и полос аккумуляции на участках с растительностью, в основном на подветренных склонах. Слабое развитие и фрагментированность дюнного пояса вызваны тем, что участок активно используется рекреантами-автомобилистами, несмотря на шлагбаум, установленный при въезде на него из ст. Благовещенская. На поверхности Благовещенского останца в пределах этого участка сильные антропогенные изменения связаны со строительством новых сооружений – изъятием грунта для котлована проектировавшегося здесь игрового комплекса и отложением вырытого грунта
24	25 24 23	3,2	Участок пляжа и дюнного пояса, примыкающий к зоне рекреационной застройки станции Благовещенской, с организованными выходами к пляжу по тропам и перекидным мосткам. Береговой дюнный пояс представлен частично нечетко выраженным плосковершинным дюнным валом, но на большем протяжении вдоль береговым фронтальным дюнным склоном; и тот и другой характеризуются стабильностью. В поясе пляжных дюн, развитом на широком пляже, наблюдается аккумуляция песка. Для зоны застройки характерна антропогенная динамика – вырыты котлованы для бассейнов и, напротив, засыпаны грунтом заболоченные западины в прилиманном понижении кутовой части Витязевского лимана

№	Профиль	Длина, км	Особенности участка и изменения рельефа на нем
V. Витязевская пересыпь между автостоянкой пляжа ст. Благовещенской и западным краем застройки Витязево			
25	23-18	5,0	Протяженный участок Витязевской пересыпи от автостоянки пляжа ст. Благовещенской до 1-го рыбоходного канала между Витязевским лиманом и морем. Это широкая (700–1300 м) пересыпь с обширным прилиманном понижением, невыраженным береговым дюнным валом, замещенным фронтальным дюнным склоном, и хорошо развитыми пляжными дюнами на широком пляже. Участок в целом динамически стабилен. Для пояса пляжных дюн на мористом скате пляжа характерна зона аккумуляции песка. В бугристых песках и прилиманном понижении имеются небольшие участки развевания, четко привязанные к петлям дорог, пересекающих дюны. Есть несколько участков с такими петлями, связанных с ездой на квадроциклах. Небольшие пятна развевания есть и на участках бугристых песков со слабым покрытием растительностью. В восточной части района, где имеется древесная растительность, отмечается понижение поверхности, связанное с различиями состояния растительности в разные сроки съемки. Отмечаемое ЦМР понижение поверхности в русле канала связано с различным уровнем воды в нем в разные моменты съемки
26	18 17 16	2,0	На обширном участке юго-восточнее 1-го водообменного канала в тыловом понижении зоны пляжа, куда может заходить вода из канала, появляется осоково-тростниковая растительность с деревьями ивы и лоха серебристого, вначале в виде узкой полосы шириной 10 м, которая восточнее постепенно расширяется до 20–30 м. В зоне пляжа, как и на предыдущем участке, занятой пляжными дюнами, происходят процессы эоловой аккумуляции песка. К тыловому понижению выше пляжа примыкают бугристые пески, вначале с мягко бугристым рельефом и сильно разреженной растительностью, а затем крупнобугристые, закрепленные полынью с кустами тамарикса и лоха. Ближе к лиману низкие участки прилиманного понижения заняты зарослями тростника. Вся зона выше пляжа в целом стабильна, отмечаются лишь небольшие пятна навевания на буграх в бугристых песках
27	16 15 14	2,0	Участок широкой Витязевской пересыпи с переменнно затопляемой тыловой зоной пляжа, окаймленной узким слабо выраженным фронтальным дюнным склоном, и с несколькими естественными каналами перелива морских вод через дюнный склон и зону бугристых песков в прилиманное понижение. В зоне пляжных дюн наблюдается небольшая аккумуляция песка, но на отдельных участках ближних к морю пляжных дюн – также и размывание их мористых склонов. На бортах ложбин перелива морских вод в лиман наблюдается размыв участков дюнного склона и бугристых песков, сопровождаемый также отложением песка выше участков размыва. Зона бугристых песков и прилиманного понижения в целом стабильна

Продолжение табл.

№	Профиль	Длина, км	Особенности участка и изменения рельефа на нем
28	14 13 12 11	2,5	<p>Крайний юго-восточный участок Витязевской пересыпи до западного края застройки Витязево. Участок включает 2-й водообменный канал между морем и Витязевским лиманом, разветвляющийся и имеющий три выхода к морю, у которых оборудованы автостоянки. Рельеф пляжа и дюнного пояса на этом участке, находящемся в 2 км от Витязево, доступном по дорогам, следующим вдоль каналов и подверженном антропогенному воздействию, кардинально меняется. Пояс пляжных дюн расчленяется на островные фрагменты, высота их уменьшается от 1–2 м до нескольких сантиметров и после восточного выхода к морю канала, вблизи застройки Витязево, они исчезают и далее на всем протяжении Анапской пересыпи не появляются. Тыловое понижение пляжа, заливаемое при нагонах, здесь также не формируется, а в тылу пляжа образуется фронтальный дюнный вал с более пологим наветренным склоном, имеющим бугристый рельеф; бугры закреплены кустами полыни и разделены продольными и поперечными ложбинами, образуя сетчатую структуру. Подветренные склоны дюнных валов более крутые и частично закреплены древесно-кустарниковой растительностью (лох, тамарикс). Зона бугристых песков отделяет их от прилиманного понижения. Краткосрочные (за 2 года) изменения рельефа на этом участке связаны с созданием защитных валов вокруг площадок автостоянок, оборудованных при выходах к морю ответвлений канала, а также вокруг площадки лодочной станции. Для бугристой поверхности наветренных склонов фронтальных дюнных валов характерны многочисленные мелкие пятна аккумуляции песка на закрепленных полынью буграх и развевания его по поперечным ложбинам между буграми, используемым для движения мотоциклов и квадроциклов. На гребне дюнного вала с кустами тамарикса и лоха происходит значительное надувание песка, образование надувных песчаных шлейфов и частично небольшое надувание в бугристых песках. В обширном прилиманном понижении образовались небольшие участки развевания по петлеобразным трассам движения квадроциклов. Вблизи застройки Витязево видны несколько карьеров песка, изымаемого на нужды строительства</p>
VI. Северная часть Анапской пересыпи (с застройкой Витязево, Джемете)			
29	11 10	1,2	<p>Участок выхода к пляжам нескольких улиц пос. Витязево (улицы Мира, Черноморская, Светлая), ведущих к центральному пляжу. Заборы баз отдыха и пансионатов подступают непосредственно к дюнному поясу. У выхода к пляжам улиц он рассечен прорезями, а на обращенных к морю склонах дюнного вала густая сеть пешеходных тропинок уничтожила большую часть растительности, обусловив их полосчатую структуру с сетью ложбин поперек склона. Разностная ЦМР отмечает сильное выдувание песка из этих оголенных ложбин на наветренных склонах и его аккумуляцию на гребнях дюн с кустами лоха и на подветренных склонах, а также между ними и заборами и защитными стенками пансионатов. На широком пляже отмечается накопление песка в зоне перед дюнным валом (возможно, что при отсутствии сильного растапывания здесь происходило бы образование пляжных дюн). В пределах поселка многочисленны антропогенные преобразования рельефа, связанные со строительством новых сооружений</p>

Продолжение табл.

№	Профиль	Длина, км	Особенности участка и изменения рельефа на нем
30	10	0,5	Небольшой участок, в тылу парковой зоны санатория «Жемчужина России», на котором отсутствует сеть прорезей и сохранилась сетчатая структура наветренного склона дюнного вала. Характерна аккумуляция песка на закрепленных поперечными буграми при его развевании в отдельных поперечных ложбинах, и значительное накопление на гребне дюнного вала. На широком пляже в его приморской зоне также происходит накопление материала
31	9	1,3	Участок дюнного вала с выходами улиц южной части пос. Витязево и северной части пос. Джемете, где сгущается сеть прорезей, но еще сохраняется сетчатая структура наветренного склона дюнного вала. Характерно значительное развевание, а возможно, и штормовой размыв по прорезям, при наведении песка на бугры наветренного склона и значительная аккумуляция материала на гребне вала с зарослями лоха
32	8 7 6	3,0	Участок выхода к пляжам по улицам пос. Джемете и прорезям, образующим густую сеть. На наветренных склонах дюнного вала остатки бугристого рельефа с куртинами польни образуют полосчатую структуру, но преобладают участки с полным уничтожением растительного покрова. Характерно очень сильное выдувание песка с наветренных склонов, при углублении рассекающих их ложбин, и значительное накопление материала на залесенном гребне и за ним. Зона накопления очень четко оконтуривает гребни дюнных валов, не только залесенные, но и с отдельными кустами тамарикса
33	5	0,3	Небольшой участок, на котором застройка пос. Джемете отделена защитной стенкой от зоны пляжа с остаточными фрагментами бугристого наветренного склона дюнного вала. Застройка здесь распространилась на место уничтоженного дюнного вала. Эоловые процессы протекают под влиянием защитной стенки: в верхней части зоны пляжа происходит накопление материала, а непосредственно перед стенкой – выдувание песка, углубление поверхности
34	5	0,3	Участок пос. Джемете, где защитная стенка с тыла оконтуривает гребень дюнного вала, поднимающегося над узким (10–20 м) пляжем и испытывающего действие волнения. На участке вала, параллельном берегу, наблюдается сильный размыв мористого склона вала и накопление материала на залесенном подветренном склоне, а при изменении направления вала – размыв и развевание наветренного склона по поперечным ложбинам, с накоплением песка на залесенной вершине вала и подветренном склоне
35	5 4	0,4	Участок «набережной» Джемете, представляющей собой окружающую поселок дорогу (или одностороннюю улицу), огражденную стенкой, с проходами через нее к пляжу. Дюнный пояс уничтожен, на месте дюнного вала осталась группа бугров, закрепленных кустами тамарикса и лоха, разделенных песчаными ложбинами. На наветренных склонах бугров и по ложбинам идет развевание песка, а в тылу бугров, у ограждающей набережную стенки – накопление материала. Интенсивность этих процессов здесь невелика

Продолжение табл.

№	Профиль	Длина, км	Особенности участка и изменения рельефа на нем
36	4	0,3	Участок на краю Джемете с защитными стенками поселка и сохранившимся дюнным валом, окаймляющим обширное понижение и расширение пляжа между Джемете и рекреационной зоной Анапы. Отмечается размыв или развевание песка перед подножием дюнного вала, сменяющиеся его отложением перед защитными стенками и даже накоплением больше высоты защитной стенки. На наветренном склоне дюнного вала идет развевание песка по расчленяющим его поперечным ложбинам и накопление на залесенном гребне вала. На этом участке зафиксировано также образование в прошлые годы крупного песчаного шлейфа, перекрывающего защитную стенку и перекидывающегося на территорию поселка. Однако перед более высокими и капитальными защитными стенками происходит сильное выдувание песка с углублением поверхности
VII. Южная часть Анапской пересыпи (с застройкой северной рекреационной зоны Анапы)			
37	4 3	0,9	Участок северного окончания рекреационной зоны Анапы. Район пересыпи без четко выраженного фронтального дюнного вала, со слабо поднимающимися над пляжем широкими и невысокими (6–7 м), параллельными берегу валами, за которыми следуют бугристые пески и новые невысокие валы. Многочисленны обширные площадки расчистки территории дюнного пояса под застройку. Вместе с изменением характера дюнного рельефа здесь меняется и картина распределения процессов развевания песка и его отложения. Для тыловой зоны пляжа, перед поднимающимися над ним валами, характерно развевание песка, а на пологих наветренных склонах с кочками разреженной поlying растительности – его аккумуляция. Однако она не заходит в следующую за валами зону бугристых песков, слабо закрепленных злаковой растительностью; не наблюдается аккумуляция и на залесенных гребнях валов (в отличие от предыдущих участков пересыпи в Витязево–Джемете, где четко наблюдалось отложение песка на залесенных гребнях). Такие изменения могут быть связаны с постепенным поворотом береговой линии в южном направлении, и соответственно, сменой ветровой экспозиции берега. На участке строительства нового пирса четко выделяется углубление для установки свай пирса через дюнный пояс и отсыпание грунта по обеим сторонам от углубления
38	3 2	0,9	Участок пересыпи, где вместо единого дюнного вала образовались небольшие валы, не всегда параллельные берегу, иногда система из 2–3 параллельных между собой валов небольшой высоты (4–5 м), при общей ширине дюнного пояса около 200 м. В тылу пляжа, перед валами, и особенно в ложбинах на их наветренных склонах, отмечается размыв, а на залесенных подветренных склонах – аккумуляция песка. В случаях нескольких параллельных валов такая смена развевания наветренных склонов и аккумуляции на залесенных подветренных повторяется

№	Профиль	Длина, км	Особенности участка и изменения рельефа на нем
39	1	1,2	Участок сужения дюнного пояса; вместе с бугристыми песками он занимает полосу шириной 100 м, из которых на дюнные валы приходится 30–50 м, а высота их снижается до 3–4 м. На этом участке в тылу дюнных валов образовались продольные понижения рельефа, в которые при штормах захлестывается морская вода, проникающая через дюнный пояс по поперечным ложбинам-прорезям. Однако на разностной ЦМР за два года эти процессы не проявились. Понижения в тылу валов, занятые бугристыми песками, используются для складирования грунта, изъятых после срытия дюнных валов при строительстве. Отмечен участок такого техногенного накопления материала. В целом же на этом участке в ослабленном виде проявляются те же процессы, что и на предыдущем: размыв перед валами и накопление материала на их подветренных склонах
40	1	0,6	Участок очень слабого развития дюнного рельефа (в связи с изменением направления берега, которое становится параллельным преобладающим ветрам). Дюнные валы шириной 15–20 м снижаются до 2–3 м, а вблизи устья р. Анапки сохранились лишь остаточные бугры высотой до 1,5 м; пояс бугристых песков в тылу валов имеет ширину 50–60 м и используется для складирования отвалов грунта при строительстве подходящих непосредственно к нему зон отдыха. На разностной ЦМР четко проявились участки изъятия грунта и его складирования, с большими объемами перемещенного материала. Хорошо видны также участки выравнивания территории для создания спортивных площадок; в связи с необходимостью защиты от затопления эти участки обваловываются
41	0	1,4	Южнее устья р. Анапки дюнный рельеф отсутствует. Вблизи устья есть участки размыва и отложения песка, связанные с изменениями направления стока при выходе реки в море. На широком городском пляже Анапы существенных изменений нет, но в крайней южной части пляжа, вблизи аквапарка, разностная ЦМР зафиксировала участок повышения поверхности пляжа, возможно, обусловленного подсыпанием песка, практикуемым в связи с его дефицитом на пляже

ВЫВОДЫ

В результате сопоставительного анализа ландшафтно-морфологической карты пересыпи и разностной ЦМР выявлено следующее. Природные процессы, не измененные антропогенным влиянием, действуют в двух районах – один находится в западной части Бугазской пересыпи, при удалении от Веселовки более 3 км, распространяясь до кефалевого хозяйства, и второй – на Витязевской пересыпи между пляжем станицы Благовещенской и Витязево, на удалении 3 км от него. Наблюдаются два основных типа этих процессов. Аккумуляция песка на пляжных дюнах, формирующихся при отсутствии фронтального дюнного вала, характерна для Витязевской пересыпи. Второй тип наблюдается на Бугазской пересыпи с фронтальным дюнным валом, для которого характерно выдувание песка или размывание волнами наветренного (мористого) склона дюнного вала и аккумуляция песка на его гребне и подветренном склоне в виде эоловых шлейфов. Штормовой размыв может приводить к полному исчезновению участков дюнного вала.

На участках, подверженных антропогенному воздействию, при повреждении растительности наветренных склонов эти процессы обостряются, что особенно ярко проявляется на Анапской пересыпи в районе поселков Витязево и Джемете. Выдувание песка по ложбинам на наветренных склонах углубляет эти ложбины, но сопровождается его аккумуляцией на залесенных гребнях и за ними. Из-за пересечения дюнного пояса прорезями для прохода к пляжу (в юго-восточной части пересыпи – в Витязево, Джемете, Анапе) и поперечными дорогами для проезда к нему (в северо-западной части пересыпи) появляются новые очаги дефляции – образуются коридоры выдувания-заплеска волн с формированием у их окончания эоловых конусов выноса песка или гидрогенных конусов при переливе морских вод в лиман, сопровождаемом затоплением и размыванием прилиманного понижения. На участках антропогенного разрушения защитного дюнного вала за ним возбуждаются эоловые процессы – начальное формирование пляжных дюн, что характерно для пересыпи оз. Соленого, отложение песка в поясе бугристых песков.

Объемы перемещения песка, которые при действии природно-антропогенных процессов увеличиваются по сравнению с природными, еще более резко возрастают на участках антропогенных преобразований. Наибольшие изменения рельефа наблюдаются при засыпании озер и болот в связи с подготовкой территории под застройку, что произошло в районе Веселовки, а также при изъятии и складировании грунта в бугристых песках в районе Анапы. Не столь внушительно по объемам, но наиболее опасно по последствиям уничтожение защитных валов – существовавших ранее естественных дюнных валов или созданных на их месте искусственных валов, наиболее ярко проявившееся на пересыпи оз. Соленого и в Веселовке.

Выявленные закономерности развития динамических процессов формирования рельефа пересыпи при разных видах антропогенного воздействия дают основу для разработки мероприятий по охране и защите Анапской пересыпи как исключительно ценного рекреационного ресурса.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят сотрудника Кубанского государственного университета Е.Е. Бойко за организацию съемки пересыпи.

ACKNOWLEDGEMENTS

Authors thank E.E. Boyko for carry out airborne laser scanning of Anapa bay bar.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айбулатов Н.А. Исследование вдоль берегового перемещения песчаных наносов в море. М.: Наука, 1966. 149 с.
2. Выхованец Г.В. Эоловый процесс на морском берегу. Одесса: Астропринт, 2003. 268 с.
3. Егоров Е.Н. Роль эоловых процессов в динамике отмелого аккумулятивного берега // Тр. ин-та океанологии АН СССР. 1953. Т. VII. С. 126–134.
4. Зенкович В.П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря. М.: Изд-во АН СССР, 1958. Т. 1. 187 с.
5. Косьян Р.Д., Крыленко В.В. Современное состояние морских аккумулятивных берегов Краснодарского края и их использование. М.: Научный мир, 2014. 256 с.
6. Кравцова В.И., Фалалеева А.А. Картографирование ландшафтно-морфологической структуры Анапской пересыпи по спутниковым снимкам высокого разрешения // Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. Интеркарто-ИнтерГИС-21. Краснодар: КУБГУ, 2015. С. 33–47. DOI: <http://dx.doi.org/10.24057/2414-9179-2015-1-21>.

7. *Кравцова В.И., Крыленко В.В., Другов М.Д., Бойко Е.С.* Исследование динамики рельефа северо-западной части Анапской пересыпи по материалам воздушного лазерного сканирования // *Геоинформатика*. 2017. № 4. С. 48–62.
8. *Крыленко В.В.* Природные и антропогенные факторы, определяющие эволюцию Анапской пересыпи. Автореф. канд. дисс. Южное отделение Ин-та океанологии РАН. Геленджик, 2012. 24 с.
9. *Boyko E., Krylenko V., Krylenko M.* LIDAR and airphoto technology in the study of Black sea accumulative coasts // *Abstracts 3rd Intern. Conf. on Remote Sensing and Geoinformation of Environment-RSCy*. 2015. P. 61.

REFERENCES

1. *Aibulatov N.A.* Study of longshore sand sediments transport at sea M.: Nauka, 1966. 149 p. (in Russian).
2. *Boyko E., Krylenko V., Krylenko M.* LIDAR and airphoto technology in the study of Black sea accumulative coasts. *Abstracts 3rd Intern. Conf. on Remote Sensing and Geoinformation of Environment-RSCy*. 2015. P. 61.
3. *Egorov E.N.* Role of aeolian processes in dynamics of accumulative flat coast. *Trudy Instituta okeanologii AS USSR*. 1957. V. 21 (in Russian).
4. *Kos'jan R.D., Krylenko V.V.* The current state of the accumulative coasts of Krasnodar region and their management. M.: Nauchnyj mir, 2014. 256 p. (in Russian).
5. *Kravtsova V.I., Falaleeva A.A.* Mapping of landscape-morphological structure of Anapa bay bar by high resolution satellite images. *Ustojchivoe razvitie territorij: kartografo-geoinformacionoe obespechenie. InterCarto-InterGIS-21*. Krasnodar: KUGU, 2015. P. 33–47. DOI: <http://dx.doi.org/10.24057/2414-9179-2015-1-21> (in Russian).
6. *Kravtsova V.I., Krylenko V.V., Drugov M.D., Boyko E.S.* Investigation of relief dynamics of the Northern-Western part of Anapa bay bar by materials of air laser scanning. *Геоинформатика*. 2017. No 4. P. 48–62 (in Russian).
7. *Krylenko V.* Natural and anthropogenic factors which determine evolution of Anapa bay bar. Synopsis of PhD thesis. The Southern Branch of the Shirshov Institute of Oceanology RAS. Gelendjik, 2012. 24 p. (in Russian).
8. *Vykhovanets G.V.* Aeolian process at sea coast Odessa: Astroprint, 2003. 268 p. (in Russian).
9. *Zenkovich V.P.* Morphology and dynamics of the Soviet Coast of the Black Sea. M.: AS USSR, 1958. V. 1. 187 p. (in Russian).