

А.С. Богуславский, А.С. Кузнецов, С.И. Казаков

Черноморский гидрофизический полигон РАН, п.г.т.Кацивели

ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГАЛЕЧНЫХ ПЛЯЖЕЙ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ГОРНОГО КРЫМА

Целью работы является характеристика естественных и антропогенных факторов формирования галечных пляжей Южного берега Крыма как важных элементов структуры геоэкологического мониторинга береговой зоны.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *галечные пляжи, геологическая среда, эрозия, абразия, устойчивость берегов, геоэкологический мониторинг береговой зоны.*

Вопросы изучения пляжей составляют важный раздел в исследованиях состояния морских берегов и динамики береговых наносов. Эти исследования выполнялись, начиная с 30-х гг. XX в., в работах П.К.Божича [1], Н.А.Белова [2], В.П.Зенковича [3], В.В.Лонгинова [4], К.А.М.Кинга [5], Ж.Буркара [6], В.Баскома [7] и других авторов.

Для изучаемой территории Южного берега Крыма (ЮБК) – береговой зоны Горного Крыма от м.Фиолент до г.Алушта – характерны галечные пляжи бухт, которые чередуются со скальными массивами, глыбово-скальными и валунными нагромождениями мысов. Отсутствие песчаных пляжей и вообще аккумулятивных форм берегового рельефа определяется характером прямого контакта горной страны с морем – приглубыми берегами с крутыми склонами, подверженными усиленному абразионному воздействию моря, которые, по определению А.Д.Добровольского и Б.С.Залогина [8], классифицируются как абразионно-бухтовые, формирующиеся преимущественно волновыми процессами.

Как зона рекреации и интенсивного строительства береговых объектов инфраструктуры, территория ЮБК подвержена высоким антропогенным нагрузкам.

В указанных выше условиях немногочисленные естественные галечные пляжи бухт ЮБК остаются не только защитным барьером их берегов и инфраструктуры со стороны моря, но, в силу гармоничного сочетания особенностей ландшафта, моря и климата, пестрого разнообразия пород и красоты галек, обладают большой природной привлекательностью и имеют высокий рекреационный потенциал [9]. Не меньшего внимания заслуживают и искусственные пляжи берегоукрепительных сооружений, занимающие около 40 % береговой линии ЮБК от Алушты до Батилимана, которые, хотя и защищены от прибоя, имеют значительно меньший потенциал естественного восполнения в силу нарушенной естественной вдольбереговой циркуляции наносов.

Характерной особенностью процессов формирования и изменчивости пляжей ЮБК как объектов зоны сопряжения суши горной страны и моря является их тесная взаимосвязь с проявлениями опасных в геоэкологическом отношении природных процессов: землетрясений, оползней, осыпей, обвалов, селей, штормов, абразии. Еще более сильное влияние на состояние

берегов и пляжей оказывают антропогенные воздействия: отбор гальки на строительные нужды, подрезка и террасирование прибрежных склонов, застройка берегов и тальвегов водотоков, лесные пожары, подтопление берегов при утечках из водоводов, загрязнение вод прибрежной акватории и др. [10].

Физическое состояние галечных пляжей определяется балансом поступления в прибойную зону и выноса из нее пляжеформирующих материалов (ПФМ) под действием динамических процессов переноса, характер которых влияет на комплекс морфометрических параметров пляжа: ширину, протяженность, мощность, распределение гранулометрического состава гальки вдоль и поперек береговой линии. С другой стороны, состав и свойства пород (твердость, абразивность), размер, форма и окатанность гальки [11, 12], свидетельствуют об «истории» пляжа – его происхождении (источниках ПФМ), длительности кругооборота гальки в зоне пляжа, определяющей его устойчивость во времени.

Таким образом, состояние галечных пляжей, определяемое комплексом перечисленных показателей, может служить своего рода «барометром» экологического состояния берегов и должно рассматриваться как важный целевой элемент системы комплексного геоэкологического мониторинга береговой зоны.

Естественные факторы. Представляется целесообразным рассматривать естественные факторы формирования пляжей береговой зоны в соответствии с источниками поступления первичных пляжеформирующих материалов и пляжеформирующими процессами, разделяя их на три группы – геологические, морские и атмосферные, в соответствии с тремя средами зоны сопряжения суши и моря – геологической средой, морем и атмосферой.

Геологические факторы. Пляжеформирующие материалы галечных пляжей представляют собой обломочный материал твердых горных пород, который высвобождается и привносится из мест естественного залегания в геологической среде берегов в прибойную зону в результате процессов денудации и эрозии.

В отношении источников ПФМ наиболее важным фактором является состав и залегание пород ПФМ в геологической среде береговых склонов, береговой линии и дна прибрежной акватории.

В отношении процессов выноса ПФМ из геологической среды, их первичной обработки и переноса в прибойную зону определяющее значение имеют как эндогенные геологические факторы – тектоника и сейсмичность, так и экзогенные – геоморфологические (характер рельефа), гидрогеологические (подземные воды), инженерно-геологические (оползневая активность) и гидрологические (орогидрография и режим стока водотоков) условия береговой зоны. Рассмотрим вкратце указанные факторы для условий ЮБК.

Состав пород ПФМ в пределах ЮБК отличается большим разнообразием, а их залегание в береговой зоне имеет сильно изменчивый характер. Наиболее распространенными породами ПФМ галечных пляжей ЮБК являются:

– блоки верхнеюрских известняков разных размеров от щебня и дресвы (0,01 – 0,1 м) до крупных скальных блоков размером 10 м и более в составе: береговых делювиальных отложений массандровской свиты (кацивельский, понизовский древние оползни) (рис.1);

– береговые участки скал и осыпей Главной гряды Крымских гор (м.Са-

рыч, м.Айя, бухта Ласпи);

– осыпи, береговые скальные и валунные нагромождения известняковых массивов-отторженцев: г.Парагильмен, Адаллары, г.Могаби, Массандровский массив, г.Кошка, Панеа, Дива, Лебединое крыло, группа скал г.Биюк-Исар;

– обломочный материал сланцево-песчаникового делювия береговых и русловых обнажений таврической формации (западная и центральная часть ЮБК от Фороса до Алупки) (рис.2);

– обломочный материал изверженных пород Лименской вулканической группы (г.Пиляки, г.Хыр), вулканических групп Кастрополя и м.Фиолент [13]: андезитово-базальтовые лавы и их туфы, пестрые яшмы преимущественно коричневатых и зеленоватых оттенков, роговики, кварцы, туфопесчаники, диориты и др.;

– обломочный материал интрузивных массивов и даек (альбиты, диабазы) г.Кастель, Аю-Даг, дайки Лименской и Кастропольской вулканических групп [13].

Среди первичных ПФМ древних оползней и вулканических групп встречается древняя галька (палеогалька), выносимая в результате выветривания галечников и конгломератов, а также вулканогенная галька с центрально-оболочечной структурой – вулканические «бомбы» туфов и лав, метаморфизированные образования древних грязевых вулканов, оплавленные вулканические «бомбы» с сердцевиной древних осадочных пород (рис.3).

Важной компонентой ПФМ пляжей являются также антропогенно-техногенные ПФМ – обломки бетона (часто с включениями металла), осколки керамики, кирпича, бутылочного стекла разных цветов.

Попадая в прибойную зону, обломки пород ПФМ включаются в процесс абразионной окатки, постепенно превращаясь в гальку. При окатке углы об-



Рис. 1. Обломочный материал верхнеюрских известняков в береговом обрыве древнего кацивельского оползня, м.Кикинеиз.



Рис. 2. Обломочный материал сланцево-песчаникового делювия в береговом обрыве Лименской бухты.



Рис. 3. Палеогалька туфопесчаника. Кацивельский древний оползень.

ломков породы сглаживаются и галька приобретают все более округлую форму, которая для большинства образцов пород стремится к форме трехосного эллипсоида с различными значениями коэффициентов вытянутости (отношения длинной оси к средней) и сжатости (длинной оси к меньшей). При этом решающее влияние на время обкатки гальки имеет ее твердость, а на конечную форму – объемное распределение (анизотропия) твердости породы [11, 12]. Важным параметром, ускоряющим процесс обкатки привнесенных в пляж обломков ПФМ, является содержание в теле пляжа галек высокоабразивных пород (порфириты, диориты, гранодиориты, крупнозернистые песчаники), в отличие от низкоабразивных (известняки, мраморы, аргиллиты, алевролиты).

Тектоника и сейсмичность. Исследуемая территория ЮБК расположена в области ядра мегантиклинория Горного Крыма, южная часть которого погружена под дно Черного моря и граничит с соседней тектонической структурой его глубоководной впадины [14]. Влияние тектонических структур исследуемой территории, как части зоны альпийского орогенеза, на современный рельеф и эрозионную сеть усиливается активным характером новейших тектонических движений [15]. Слагающие геологические породы разделены глубинными разломами на ряд глыбово-складчатых структур, которые в свою очередь подразделяются на более мелкие блоки разрывными нарушениями разных порядков.

Субмеридиональные разломные зоны, являясь глубинной основой овражно-балочной сети и оползнево-селевых бассейнов, определяют преимущественные направления потоков массы наносов в направлении «суша-море». Места их пересечения с береговой линией соответствуют участкам поступления ПФМ в прибойную зону.

Формирование геодинамических напряжений на границе тектонических структур Горного Крыма и глубоководной впадины Черного моря обуславливает высокую сейсмичность региона, которая оценивается магнитудой в 8 баллов по шкале *MSK-64* [16]. Экстремальные сейсмособытия, такие как катастрофическое землетрясение 1927 г., могут приводить к масштабной перестройке геологической среды береговой зоны – изменению конфигурации береговой линии, осыпям, обвалам и оползням береговых горных массивов, затоплению берегов. Следствием этих катастрофических изменений может быть исчезновение старых и появление новых пляжей. Незначительные землетрясения (до 4 баллов) происходят в пределах ЮБК с частотой 20 сейсмособытий в год и более. Обычно они не приводят к заметным подвижкам и трансформации берегов и пляжей, однако приводят к активизации денудационных процессов – оползней, осыпей, селей, обвалов берегов. Таким образом, относительно слабые землетрясения являются фактором выноса ПФМ в прибойную зону.

Среди наиболее важных геоморфологических факторов береговой зоны в отношении процессов переноса ПФМ следует отметить: крутизну берегового склона, высоту береговых обрывов, глубину вреза и густоту эрозионной сети, форму и извилистость береговой линии, экспозицию бухт и направление оси мысов по отношению к направлению господствующих ветров и прибрежных течений.

Важным геологическим фактором береговой зоны ЮБК, определяю-

щим процессы разгрузки береговых наносов и пляжей, является геоморфология морского дна прибрежной акватории, в частности, подводная долино-каньонная сеть (ПДКС), которая в большинстве случаев является подводным продолжением речной сети суши. В результате сейсмоакустических исследований прибрежного рельефа дна В.И.Мельником [17] обнаружены значительные потоки наносов, в том числе крупнообломочной фракции валунов и галек, из конусов выноса рек в подводные каньоны и далее в глубоководную часть моря. Таким образом, наличие ПДКС является фактором разгрузки галечного материала пляжей.

Гидрогеологические и инженерно-геологические условия исследуемой береговой зоны детально рассмотрены нами в работе [10]. По данным Ялтинской инженерно-геологической партии на ЮБК насчитывается до 800 активных оползней, многие из которых достигают береговой линии, принося обломки твердых пород ПФМ в зону прибоя и обеспечивая приходную компоненту в балансе пляжей. Однако активные оползни могут на долгое время выводить значительные участки естественных пляжей из рекреационного фонда в случаях, когда тело оползня полностью накрывают пляж (рис.4).

С точки зрения гидрогеологических условий исследуемой территории, основной особенностью исследуемого района является наличие карстовых водосборов на плато яйлы. Разгрузка подземных карстовых вод из родников предгорной части береговой зоны формирует относительно стабильную во времени компоненту стока водотоков. Выходы подземных вод в песчано-глинистых и суглинистых оползневых отложениях и породах таврической серии береговой зоны являются фактором развития оползней и селей, приносящих обломочный материал пород ПФМ в зону пляжа.

Характерной особенностью гидрологических условий ЮБК является неравномерный режим стока рек и водотоков, большое падение (до 60 – 70 м/км) и высокие скорости потока в паводковый период (5 м/с и более). Максимальный паводковый расход наибольших рек ЮБК (Учан-Су, Деревкойка, Улу-Узень, Демерджи) достигает 40 – 60 м³/с. Значения среднегодового расхода при этом составляют всего 0,2 – 0,5 м³/с [18]. По данным В.И.Мельника [17] в паводки происходит селевой вынос твердого материала пород, в котором преобладает крупнообломочная фракция – валуны размером до 1500 мм (до 20 %), палеогалька и речная галька 10 – 100 мм (до 65 %), гравий 2 – 10 мм (до 10 %). Твердый сток рек и водотоков составляет наиболее значительную компоненту выноса пород ПФМ в прибойную зону.

Морские факторы взаимодействия суши и моря – режим поверхностно-



Р и с . 4 . Оползень техногенного характера из отвалов карьера, засыпавший около 100 м пляжа вблизи м.Фиолент.

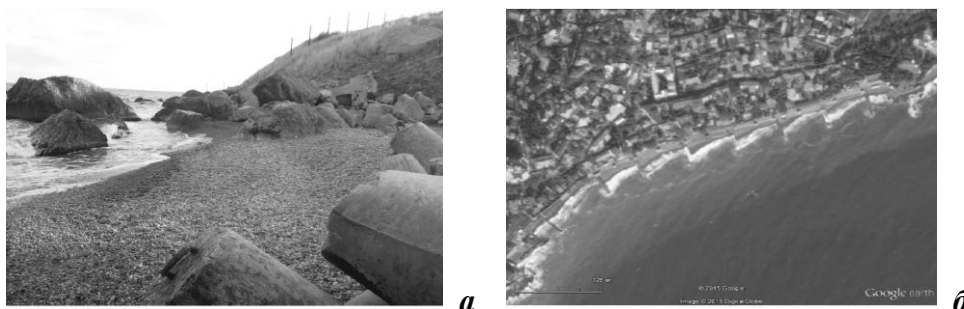
го волнения и прибрежных течений, сгонно-нагонные явления и определяемый этими факторами режим переноса донных наносов – оказывают непосредственное влияние на формирование и изменчивость пляжей. При высокой интенсивности выноса твердого материала с абразионного берега в море процесс абразии со временем естественным образом затухает по мере формирования пляжей, валунных или глыбово-скальных (при обвальной абразии) берегов. Под действием сезонной смены сгонных и нагонных ветров в зоне пляжа и подводной склоновой террасы в течение годового цикла происходит нормальный кругооборот гальки, который может нарушаться при аномальных штормах или в результате антропогенных воздействий.

Поскольку влияние прилива и прибрежных течений на динамику пляжей детально описано в [3 – 8], остановимся подробнее на сгонно-нагонных явлениях. Анализ этого фактора для условий берегов Крыма [19] приводит к выводу, что наибольший вынос галечного материала из зоны пляжей происходит при штормовых нагонных (восточных и юго-восточных) ветрах. У берегов ЮБК продолжительные ветры этих направлений, достигающие штормовой силы (20 м/с и более), обычно дуют в начале летнего периода, что обусловлено значительным контрастом прогрева воздушных масс над морем и сушей. Во время таких нагонных ветров суммарное ветровое и волновое повышение уровня моря у берега может достигать нескольких десятков сантиметров, что приводит к развитию мощной оттоковой компоненты придонного течения, направленной в море и перемещающей гальку на более глубокие горизонты. При этом важную роль играет механизм разрывных течений, определяемый рельефом дна подводного склона у береговой линии [6]. В моменты поднятия гальки со дна под действием наката и придонной компоненты прибрежного потока, направленной вдоль береговой линии, происходит одновременная миграция гальки вдоль берега в направлении ветра и прилива (с востока на запад).

Противоположная картина имеет место при сгонных (западных и юго-западных) ветрах или мертвой зыби, в результате которых происходит обратный перенос донных наносов придонным течением в сторону берега, и восстановление пляжей. Для южных Крымских берегов характерны летние сгоны в середине июня. В зимний период в отдельные годы наблюдаются мощные юго-западные циклонические штормы (январь 1931 г., январь 1966 г., ноябрь 1991 г.), прибрежное поверхностное волнение при которых достигает большой разрушительной силы.

Можно заметить, что восстановление пляжа в большинстве бухт и межбунных промежутков ЮБК при сгонных ветрах происходит преимущественно в их западной части (рис.5). Причина этого явления заключается в том, что западный ветер и поверхностные волны, обрушивающиеся на восточный берег бухты, создают там частичный нагонный эффект и направленную к западу вдольбереговую компоненту придонного течения в бухте, что способствует выжиманию возвращающегося со стороны моря потока наносов к ее западному берегу.

В отличие от кратковременных вариаций уровня моря при сгонно-нагонных явлениях, постоянно действующим фактором, оказывающим влияние на динамику пляжей, является среднедолголетнее повышение уровня моря, дос-



Р и с . 5 . Восстановленный после сгонов природный пляж на восточном берегу Лименской бухты (а), асимметрия межбунных пляжей Массандры (космоснимок) (б).

тигающее 1,6 мм/год. Детальное рассмотрение этого фактора для берегов Крыма приводится в [20].

Атмосферные факторы. Как уже отмечено выше, характер движения морских наносов под действием сгонно-нагонных явлений непосредственно связан с направлением и силой ветра над прибрежной акваторией.

Воздействие атмосферных (климатических) факторов – ветра, изменений температуры и осадков и др. – на геологическую среду выражается в постоянно протекающих денудационно-эрозионных процессах, в результате которых массивные известняковые и вулканогенные блоки пород береговой зоны постепенно разрушаются и служат источником пополнения ПФМ пляжей. Активизация оползневых процессов на склонах непосредственно связана с интенсивностью атмосферных осадков [21]. Переувлажнение пластичных оползневых пород приводит к усилению процессов оползней и селей на склонах берегов, водотоков и овражно-балочной сети, что приводит к увеличению выноса ПФМ в прибойную зону.

Антропогенные факторы. Береговые эрозионно-абразионные процессы в береговой зоне ЮБК в значительной степени активизировались после хищнического отбора гальки пляжей на строительные нужды в период 1960 – 1980 гг. В результате произошла трансформация ряда ранее аккумулятивных участков берега в абразионные [20]. Как уже отмечалось выше, большое влияние на активизацию опасных береговых процессов – оползней, абразии и селей, заиление и деградацию пляжей и др. – оказывают различные антропогенные и техногенные воздействия, в результате которых нарушается геоэкологическое равновесие берегов. К неблагоприятным антропогенным воздействиям можно отнести:

- строительство без надлежащего инженерно-геологического обоснования на склонах и берегах;
- неконтролируемый отбор гальки пляжей;
- нарушение гидрологического режима водотоков в результате застройки тальвегов и русел;
- нарушение естественных гидрогеологических условий склонов (полив, утечки трубопроводов, нерациональное террасирование, уничтожение лесного покрова береговых склонов в результате вырубki и пожаров);
- загрязнение пляжей бытовыми отходами, пластиковой тарой, нефтепродуктами с судов.

Все перечисленные выше негативные воздействия проявились в полной мере на исследуемой территории ЮБК, в период 1960 – 1980 гг.

Последующие берегоукрепительные работы на протяжении более 40 % длины береговой линии ЮБК существенно замедлили абразионные процессы. Однако чрезмерная масштабность этих работ и практически полное блокирование природного переноса «берег – море» на протяженных участках береговой линии поставили под угрозу ряд природных обратных связей, определяющих устойчивость геологической среды берегов – естественный вынос ПФМ в зону прибоя с береговых склонов, сезонный вдольбереговой перенос в прибрежной акватории. В результате потребуются значительные затраты средств на искусственное восполнение пляжей в зоне берегоукрепительных сооружений.

Заиление дна и мутьевое загрязнение прибрежных вод, сокращение естественных скальных берегов в зоне берегоукрепительных сооружений привели к резкому уменьшению популяций у берегов Крыма ряда видов прибрежной ихтиофауны – галеи *Gaidropsarus mediterraneus*, рыбы-ласточки *Chromis chromis*, каменного окуня *Serranus scriba*, морского петуха *Eulrigla gurnardus*; и бентоса – каменного краба *Eriphia verrucosa*, морского конька *Hippocampus guttulatus*. Все это в значительной мере снижает рекреационный потенциал берегов и пляжей.

Заключение. Анализ рассмотренных факторов позволяет сделать вывод о необходимости рассмотрения состояния пляжей береговой зоны ЮБК в качестве целевого элемента комплексного геоэкологического мониторинга береговой территории Горного Крыма, который должен включать:

- оценку состояния и динамики галечных пляжей по составу гальки, комплексу морфометрических и структурных параметров;
- комплексное геоморфологическое районирование береговой зоны;
- наблюдение режима водотоков и гидрогеологических условий береговых склонов;
- изучение гидродинамики вод прибрежной зоны и характера перемещения морских наносов;
- наблюдение изменений уровня моря;
- контроль состояния прибрежных морских экосистем;
- анализ факторов уязвимости пляжей и объектов береговой зоны и оценку соответствующих рисков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Божич П.К. Морские наносы.– М.-Л.: Транспечать, 1930.– 272 с.
2. Белов Н.А. О движении гальки в Леменской бухте // Уч. зап. МГУ. География.– 1938.– вып.19.– С.249-269.
3. Зенкович В.П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря. т.1, 2. – М.: АН СССР, 1960.– 215 с.
4. Лонгинов В.В. Динамика береговой зоны бесприливных морей.– М.: Изд-во АН СССР, 1963.– 379 с.
5. Кинг К.А.М. Пляжи и берега.– М.: ИЛ, 1963.– 435 с.
6. Романовский В., Франсис-Беф К., Буркар Ж., и др. Море.– М.: ИЛ, 1960.– 620 с.
7. Баском В. Волны и пляжи.– Л.: Гидрометеиздат, 1966.– 280 с.
8. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. Моря СССР.– М.: МГУ, 1982.– 192 с.

9. Орлова М.С., Долотов В.В., Иванов В.А. Разработка кадастровой оценки пляжей на примере Крымского побережья // Междунар. конф. "Латвия-Европа, Европа-Латвия". – Латвия, Rezekne, SIA "JUMI", ВКИ, 2006. – С.103-104.
10. Шестопалов В.М., Иванов В.А., Богуславский А.С., Казаков С.И., Кузнецов А.С. Мониторинг гидрогеологических и инженерно-геологических условий и рисков береговой зоны Горного Крыма // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАНУ, 2013. – вып.19. – С.8-17.
11. Яльшиева А.И. Новые данные о морфологии обломков пород из конгломератов верхнего докембрия и верхнего палеозоя среднего и южного Урала // Литосфера. – 2013. – № 6. – С.14-29.
12. Wadell H. Volume, shape, and roundness of rock particles // J. Geol. – 1932. – № 40. – P.443-451.
13. Лебединский В.И., Макаров Н.М. Вулканизм Горного Крыма. – Киев: Изд. АН УССР, 1962. – 209 с.
14. Муратов М.В. Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова. – М.: Госгеолтехиздат, 1960. – 218 с.
15. Новик Н.Н., Вольфман Ю.М. Эволюция планетарных полей напряжений в пределах сейсмоактивных регионов Украины, новейшие разрывы и разрывные смещения // Геодинамика Крымско-Черноморского региона. – Симферополь, 1997. – С.81-90.
16. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Пустовитенко А.А. Новые карты общего сейсмического районирования территории Украины. Особенности модели долговременной сейсмической опасности // Геофизический журнал. – 2006. – т.28, № 3. – С.54-77.
17. Мельник В.И. Влияние речной сети суши на рельеф и осадконакопление в Черном море // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2001. – вып.4. – С.112-124.
18. Шутлов Ю.И. Воды Крыма. – Симферополь: Таврия, 1979. – 96 с.
19. Шулейкин В.В. Физика моря. – М.: Наука, 1968. – 1084 с.
20. Богуславский С.Г., Ковешников Л.А., Казаков С.И., Кубряков А.И. Возможные экологические последствия повышения уровня Мирового океана и Черного моря в предстоящем столетии // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2001. – вып.4. – С.67-79.
21. Педан Г.С. Оценка роли атмосферных осадков в процессе оползнеобразования (на примере Одесской и Николаевской областей) // Вест. ОНУ. – 2006. – т.11, вып.3. – С.229-237.

Материал поступил в редакцию 22.01.2016 г.

A.S.Boguslavsky, A.S.Kuznetsov, S.I.Kazakov

FACTORS OF PEBBLE BEACH FORMATION IN THE COASTAL ZONE OF THE MOUNTAIN CRIMEA

The natural and anthropogenic factors of pebble beach formation in the Southern coast of Crimea are characterized as an important element of geo-environmental monitoring of coastal zone.

KEYWORDS: pebble beach, geological environment, erosion, abrasion, coast stability, geo-ecological monitoring of coastal zone.