

РАЗДЕЛ 3.
ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 911.2:551.3(477.75+551.4.038)

**СОСТОЯНИЕ БЕРЕГОВ И ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
МЕЖДУ М. КОНСТАНТИНОВСКИЙ И М. ВИНОГРАДНЫЙ НА ЮГО-
ЗАПАДНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КРЫМА**

Агаркова-Лях И.В.¹, Лях А.М.²

*¹ФГБНУ Институт природно-технических систем, Севастополь, Российская Федерация
E-mail: iva_crimea@mail.ru*

*²ФГБУН Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: me@antonlyakh.ru*

Дана подробная характеристика берегов и пляжей между м. Константиновский и м. Виноградный. Рассмотрены экзогенные геологические процессы, определяющие современную динамику берегов.
Ключевые слова: бухты Севастополя, пляжи, абразия, обвалы, оползни, карст, мониторинг берегов.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях повышения уровня Черного моря, роста циклонической и штормовой активности в регионе, техногенные нагрузки усиливают проявления опасных и неблагоприятных экзогенных геологических процессов в береговой зоне Крымского п-ова. Последние приводят к сокращению и уничтожению пляжей, разрушению и отступлению берегов, что ограничивает хозяйственную деятельность и наносит значительный экономический ущерб берегопользованию.

Одним из районов интенсивного освоения Крымского побережья являются берега Севастополя между м. Лукулл и м. Сарыч протяженностью 158 км, занятые объектами портово-промышленного комплекса, селитебной застройкой и туристско-рекреационным хозяйством. На их северном участке от м. Лукулл до м. Константиновский отмечены наибольшие скорости отступления берегов, достигающие 2,5-5,0 м/год [1-7]. В последние годы участились опасные экзогенные геологические процессы в бухтах Севастополя и между м. Херсонес и м. Сарыч, что определяет актуальность изучения динамики берегов региона.

Цель статьи – рассмотреть современное состояние берегов и развитие экзогенных геологических процессов между м. Константиновский и м. Виноградный. Исходными материалами послужили: опубликованные работы; фонды Института минеральных ресурсов, Крымской гидрогеологической экспедиции (КГГЭ) и ГПП «Крымгеология»; картографические источники; ресурс Гугл Планета Земля; маршрутно-полевые исследования авторов. При проведении полевых работ применялись методы наблюдения, инструментальных и полуинструментальных измерений на ключевых участках, фотометод. Для

обработки информации использовались методы анализа и синтеза, сравнительно-географический, сравнительно-исторический.

До конца 90-ых гг. XX в. изучению берегов Севастополя уделялось незначительное внимание из-за низкой активности экзогенных береговых процессов и отвечающей ей частоты полевых наблюдений, проводимых эпизодически или в связи с проявлением чрезвычайных событий. Среди первых работ выделим геолого-геоморфологические исследования берегов [8] и изучение пляжей Гераклеийского п-ова [9]. Оценка скоростей экзогенных геологических процессов и их прогноз были даны в [1, 10, 11]. Береговые изыскания также вели Институт минеральных ресурсов, КГГЭ и ГПИ «Крымгеология» [2–4, 12, 13].

С начала 2000-ых гг. число исследований возросло. В части публикаций севастопольские берега рассматривались в составе Крымского п-ова, из которых отметим работы по их характеристике, динамике, типизации и картографированию [5, 14–17]. Региональные материалы давали комплексное описание берегов и прибрежной акватории [18, 19]; представляли берега и пляжи в качестве ресурса рекреации [20–22]. В последние годы внимание сосредоточено на проблемах региона, связанных с состоянием пляжей [23], динамикой опасных и неблагоприятных экзогенных процессов [24–27], берегозащитой [23, 25, 28, 29].

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Как отмечалось одним из авторов данной работы в [26], различие тектонических, литолого-геоморфологических и гидродинамических условий развития берегов между м. Лукулл и м. Сарыч, позволили здесь выделить четыре участка. Ранее был подробно рассмотрен северный участок между м. Лукулл и м. Константиновский [26]. Данная статья продолжает цикл публикаций по берегам Севастополя.

Участок между м. Константиновский и м. Виноградный расположен на Гераклеийском п-ове и объединяет врезанные в сушу бухты и открытое побережье (рис. 1). Бухты образовались в период голоценовой трансгрессии в результате затопления морем устьев длинных глубоких балок; разделяющие их мысы – это балочные водоразделы, частично срезанные морем. По морфогенетической классификации, берега бухт между м. Константиновский и м. Херсонес отнесены к ингрессионным абразионно-бухтовым первично-расчлененным или типичным рiasовым [5, 8]. Открытые берега от м. Константиновский до м. Херсонес являются выровненными абразионными, от м. Херсонес до м. Виноградный – вторично-расчлененными абразионными [3].

В тектоническом отношении открытые берега расположены в пределах Северного крыла мегантиклинория Горного Крыма, бухты – его синклиналильных понижений [3]. Современные тектонические движения повсюду отрицательные, со

СОСТОЯНИЕ БЕРЕГОВ И ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ МЕЖДУ М. КОНСТАНТИНОВСКИЙ И М. ВИНОГРАДНЫЙ ...

стабильной тенденцией к погружению. По разным источникам скорости опускания изменяются от 0,5 до 3,0 мм/год [2, 8, 17].

От м. Херсонес низкий каменистый берег повышается до 7,3 м на северо-восток (у м. Константиновский) и 77,0 м на юго-восток (у м. Виноградный) (рис. 2, 3). Берега и бухты выработаны в неогеновых, преимущественно, сарматских известняках, по устойчивости к абразии отнесенных к категории устойчивых пород (см. рис. 1). При продвижении от мысов бухт к их вершинам известняки замещаются глинами и рыхлыми морскими четвертичными отложениями.



Рис. 1. Литологический состав и противобразийная устойчивость берегов между м. Константиновский и м. Виноградный.

Береговую линию между мысами Константиновский и Херсонес расчленяют около тридцати бухт, крупнейшие среди которых: Севастопольская, Южная, Карантинная, Стрелецкая, Круглая (Омега), Камышовая и Казачья (рис. 4). Преобладающая часть бухтовых берегов превращена в антропогенные или техногенные, которые заняты набережными, объектами военной и гражданской грузопассажирской инфраструктуры (причалы, стоянки), берегозащитными (молы, наброска из тетраподов) и пляжеудерживающими гидротехническими (буны) сооружениями, и, практически, не изменяются в настоящее время.

Высота активных клифов у входных мысов бухт до 2-3, реже – 5-10 м, за исключением Севастопольской бухты, где она достигает отметок 15-16 м (см. рис. 2). К вершинам бухт берег, как правило, понижается, а активный клиф заменяется отмершим. Здесь происходит незначительная аккумуляция наносов и формируются пляжи преимущественного абразийного питания [9] (см. рис. 4). Их основным источником выступают продукты разрушения мысов, вдольбереговые и донные потоки наносов, движущиеся от мысов и из открытой части моря к вершинам бухт, и, в очень редких случаях, пролювиально-делювиальные наносы. Обособленные от открытого моря, бухты отличаются особенностями лито- и гидродинамики. В

зависимости от ветро-волновой обстановки, наносы могут мигрировать в пределах бухты из одной ее части в другую.



Рис. 2. Низкий каменистый берег у м. Херсонес (слева). Высокий берег м. Кордон на входе в Северную бухту (справа) (Фото авторов).

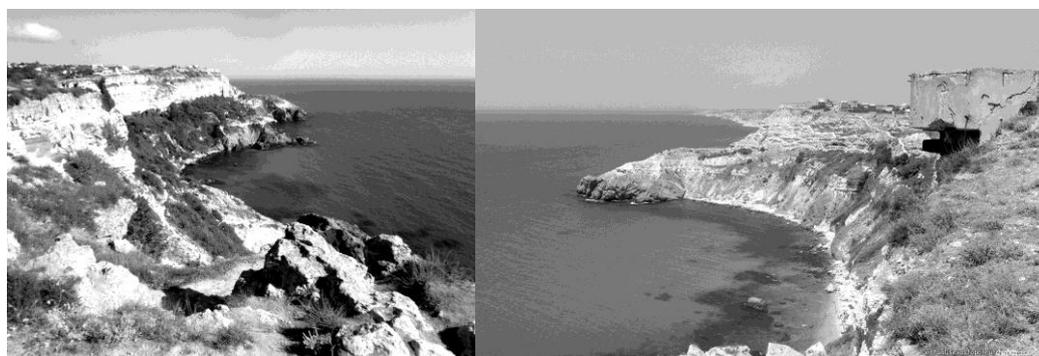


Рис. 3. Вид м. Виноградный с севера (слева) и юга (справа) (Фото авторов и из сети Интернет).

Пляжи бухт имеют песчаный, песчано-галечный и галечный гранулометрический состав. На мысах и участках развития обвалов и оползней часто формируются валунно-глыбовые пляжи. Исследования вещественного состава пляжей Гераклеяского п-ова во второй половине – последней четверти XX в. позволили установить их, преимущественно, карбонатный и кварцево-карбонатный состав [3]. При этом, на некоторых пляжах (у античного городища «Херсонес Таврический», в Круглой и Казачьей бухтах) отмечался довольно пестрый состав пород: неогеновый известняк, верхнеюрский конгломерат, темные эффузивы, песчанистые породы, пирокласты, мергель и антропогенный материал из обработанного морем стекла и кирпича. В небольшом количестве среди отложений присутствовали водоросли, целая и битая ракуша.



Рис. 4. Бухты Гераклейского п-ова (точками обозначены пляжи в вершинах бухт).

При средней ширине пляжей 10-15 м (пляжи «Солнечный», «Парк Победы», «Голубая бухта»), она варьирует от минимальных 3-7 м (в Севастопольской и Карантинной бухтах, у античного городища «Херсонес Таврический») до максимальных 30-45 м (пляжи «Омега», «Песочный», у отеля «Акварин»). Следует отметить, что в условиях дефицита обломочного материала в береговой зоне и необходимости сохранения рекреационных функций городских пляжей, здесь осуществляются регулярные подсыпки речного песка и балаклавского щебня. Примером тому являются пляжи «Солнечный», «Песочный», «Парк Победы», «Омега», ширина, гранулометрический и вещественный состав которых в настоящее время в значительной степени изменены.

Открытые берега Гераклейского п-ова между м. Константиновский и м. Виноградный представлены абразионными уступами, клифами и береговыми обрывами и повсюду активны. Двухметровый уступ у м. Херсонес превращается в береговые обрывы высотой до 12 м у Черноморского высшего военно-морского училища (ЧВВМУ) им. П.С. Нахимова и 60-77 м у м. Виноградный. На большей

части побережья между м. Херсонес и м. Виноградный берег уходит в море на глубины 2-5 м; в других местах у подножья клифа формируется глыбово-валунный навал. Бенч принимает вид каменной отмостки с многочисленными подводными и надводными камнями. В вогнутостях берега формируются «карманные» пляжи шириной 3-5 м. Они особенно многочисленны на живописном, но опасном участке между Голубой бухтой и м. Виноградный. Тем не менее, эти пляжи пользуются большой популярностью у любителей «дикого» отдыха.

Береговая линия имеет зубчатый контур, а профиль берега – форму кружевных карнизов и узких глубоких ниш как результат селективной абразии (рис. 5).

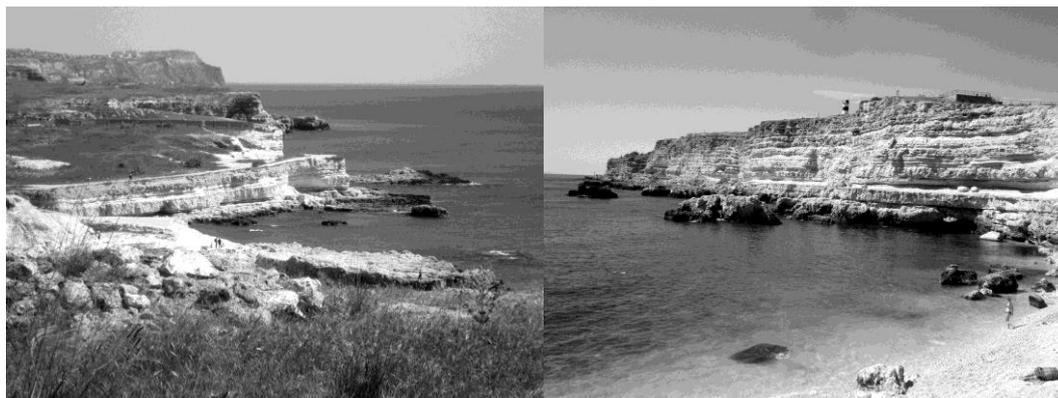


Рис. 5. Зубчатый контур береговой линии между м. Херсонес и м. Виноградный (слева). Нависающие карнизы – результат селективной абразии толщи слоистых известняков (справа) (Фото авторов).

Нависающие карнизы обрывов делают берег недоступным для спуска и подъема. До начала 2000-ых гг. на побережье от м. Херсонес до м. Фиолент существовало лишь 8 мест, где можно было спуститься к морю [30]. При этом только в трех из них между м. Херсонес и Голубой бухтой берег относительно безопасен для отдыха. Позже число спусков к морю увеличилось за счет установки четырех металлических лестниц для индивидуального и двух – коллективного пользования (одна была разрушена оползнем). В двух местах береговой склон разрезан с целью привлечения потенциальных покупателей приморских участков [30] (рис. 6).

Экзогенные процессы между м. Константиновский и м. Виноградный представлены абразией, обвалами, оползнями и карстом. Абразионные процессы приурочены, главным образом, к мысам и открытым берегам, где ими созданы волноприбойные ниши, пещеры и гроты. Как правило, развитие абразии происходит по литологически ослабленным зонам и сопровождается такими последовательными процессами: подмыв берега – образование абразионной ниши – обвал ниши – дробление обвалившейся породы. Интереснейшим результатом селективной абразии являются абразионные останцы или кекуры, имеющие вид

**СОСТОЯНИЕ БЕРЕГОВ И ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
МЕЖДУ М. КОНСТАНТИНОВСКИЙ И М. ВИНОГРАДНЫЙ ...**

отдельно стоящих в море скал или островков из более прочных пород (например, Дарьин остров у пляжа «Автобат»).



Рис. 6. «Врезки» в береговые склоны: между Песочной и Стрелецкой бухтами (слева); у коттеджного поселка Villarís del Mar (ДСК «Факел», Фиолент) (справа) (Фото авторов и из сети Интернет).

Значительная противоабразионная устойчивость слагающих берега пород определяет невысокие скорости их абразии. По разным источникам, она составляет от 0,01-0,02 [2, 8] до 0,05-0,25 м/год (с максимумом до 0,5 м/год) [1, 5, 17, 28, 31]. Наряду с абразией, вклад в разрушение берегов вносят обвалы, оползни и карст. Наиболее длинный ряд наблюдений за берегами имеется для территории античного городища «Херсонес Таврический», динамика береговой линии и клифа которого четко зафиксированы археологическими раскопками на протяжении последних ста лет [31]. Сравнительные скорости отступления берегов на различных участках Гераклейского п-ова представлены в Таблице 1.

Таблица 1.

Скорости береговых процессов между м. Константиновский и м. Виноградный

Район	Средняя (максимальная) скорость, м/год	
Гераклейский п-ов	0,01-0,015	(Зенкович, 1958)
	0,05-0,2 (0,5)	(Шуйский, 1974, 2000)
Античное городище «Херсонес Таврический»		
Северный участок	0,23-0,25	(Лебединский, Пронина, 2013)
«Базилика Крузе»	0,012	(Ромашенко и др., 2011)
Уваровская базилика	(0,48)	(Лебединский, Пронина, 2013)
Берег городища	0,024	(Современное..., 2015)
Бухты Омега и Казачья	0	(Изучение..., 1983)
В 4-х км к западу от м. Фиолент	0	(Изучение..., 1983)

Кроме открытого побережья, берега отступают в бухтах. Так, на восточном берегу Стрелецкой бухты постройки ЧВВМУ им. П.С. Нахимова приблизились к краю обрыва. Аналогичные процессы отмечаются в Карантинной и Казачьей бухтах, на западных берегах Песочной и Стрелецкой бухт, восточном берегу Круглой бухты. Недостаток обломочного материала вызывает размыв берега в средней части пляжа «Омега» в Круглой бухте, где морем выработан уступ высотой до 1,0 м.

С абразией тесно связаны обвалы. Они развиты повсюду на открытых берегах, что позволило Ю.Д. Шуйскому [5] отнести их клифы к типу абразионно-обвальных. В естественных условиях крупные обвалы могут подготавливаться годами и уничтожить за одно событие значительную часть берега. С 1997 по 2016 гг. на побережье Гераклейского п-ова произошло не менее 12 крупных обвалов объемом от 1,5 до 20,0 тыс. м³ и массой 2,5-50,0 тыс. т. [30].

На восточном берегу Карантинной бухты обвалы происходят довольно часто (рис. 7). В апреле 2013 г. здесь обрушился участок протяженностью около 20,0 м и шириной не менее 1,0 м. Повторный обвал, в результате которого к морю сместился блок известняка, произошел спустя 2 года, в июне 2015 г. [32]. По характеру развития экзогенных процессов на этом берегу можно выделить 3 участка: обрывистый абразионный (берег обрывается в море; у уреза сформирована каменная отмостка), абразионно-обвальный (у подножия клифа имеется глыбовый навал) и абразионно-оползневой (берег отодвинут от моря небольшой террасой; у уреза – глыбовый навал; в основании склона высачивается вода). Современную активность экзогенных процессов здесь подтверждают вертикальные трещины разгрузки и «заколы» вдоль бровки обрыва.



Рис. 7. Опрокинутый блок в Карантинной бухте (слева, май 2018 г.). Обвал у пляжа «Автобат» (справа, сентябрь 2016 г.) (Фото авторов и И. Ю. Тамойкина).

На открытых абразионно-обвальных берегах между м. Херсонес и дачно-строительным кооперативом (ДСК) «Лукоморье» (Фиолент) обвалы происходят как в море, так и в пределах оползнеопасной террасы, а затем уже на пляж. Один из последних обвалов объемом 1,0-1,5 тыс. м³ произошел в сентябре 2016 г. у пляжа

«Автобат» [30] (см. рис. 7). В результате на плато вдоль бровки образовалась трещина длиной более 25 м (ее южный конец не фиксируется) [27].

Осыпи и камнепады регулярны на открытых берегах и мысах бухт всего побережья от м. Константиновский до м. Виноградный.

Среди экзогенных процессов наибольшие опасения вызывают оползневые. Предрасположенность к развитию оползней имеют территории у м. Хрустальный, восточный берег Карантинной бухты, участок между м. Херсонес и м. Виноградный [33]. Абразионно-оползневый является открытый берег от ДСК «Лукоморье» (Фиолент) до м. Виноградный. Между бровкой обрыва и линией уреза здесь фиксируются оползневые террасы, а на отдельных участках у бровки – трещины разгрузки. Доминирующая часть оползней Севастополя, отмеченных в 2016 г., была абразионного происхождения [34].

Карбонатный литологический состав берегов Гераклеяского п-ова способствует активному развитию карста и распространению карстовых форм рельефа. Согласно районированию, берега расположены в пределах Севастопольского карстового района Предгорно-Крымской карстовой области [35]. Наибольшему растворению подвержены мактровые сарматские известняки, в которых карст охватывает высоты до 2,5 м над уровнем моря [13]. В зоне заплеска и на подводном береговом склоне формируются карры, карровые поля, микрополя, котлы и т.д. На приморских скалах развиты воронки активного карста глубиной до 10,0 м; полости диаметром 0,2-3,0 м; гроты; небольшие наклонные и субгоризонтальные пещеры [34]. Весь карстовый цикл у морских берегов можно рассматривать как сопутствующий и усиливающий абразию. Кроме того, через карстующиеся породы в прибрежной зоне происходит субмаринная разгрузка вод. На увеличение скоростей карстовых и оползневых процессов влияет подъем уровня грунтовых вод и подтопление территорий, которые отмечаются в приустьевой части р. Черная, впадающей в Севастопольскую бухту. В паводки уровень воды в реке поднимается до 2,0-3,0 м, вызывая резкое повышение отметки грунтовых вод на прибрежной территории [34].

Несмотря на сравнительно небольшие среднегодовые скорости экзогенных береговых процессов между м. Константиновский и м. Виноградный, по минимальным подсчетам, в ближайшие 50 лет берега региона отступят на 10,0 м. В этой ситуации, в первую очередь, следует обратить внимание на разработку и реализацию комплекса берегозащитных мероприятий на приоритетных участках побережья. К ним мы относим античное городище «Херсонес Таврический», являющееся историко-археологическим памятником и объектом Всемирного наследия ЮНЕСКО, и восточный берег Карантинной бухты, примыкающий к жилой застройке.

Среди современных концепций берегозащиты наибольшую эффективность в последние десятилетия подтвердил принцип «геоники» [36]. Он предполагает максимальное соответствие используемых методов и элементов гидротехнических сооружений природным процессам и объектам, и направлен на сохранение естественного облика приморских ландшафтов. В соответствии с местоположением приоритетных участков, для них необходимы проекты берегоукрепительных сооружений двух типов: открытого побережья и на входе в бухту.

Важной мерой стабилизации берегов и ослабления экзогенных процессов между м. Херсонес и м. Виноградный является контроль всех видов хозяйствования в границах водоохранной зоны моря шириной 500 м (ст. 65 Водного кодекса РФ). На побережье должна быть приостановлена практика сброса бытовых сточных вод в море, отсутствия дренажного и ливневого стока, многоэтажной застройки, «врезки» в берега и пр. Эти антропогенные факторы нарушают устойчивость берегов и выступают в роли катализаторов опасных береговых процессов. Поскольку на значительном протяжении берегов региона не соблюдаются установленные нормативы и запреты, следует ужесточить режим правового регулирования всех видов деятельности в прибрежной зоне.

Для побережья между Голубой бухтой и м. Виноградный актуален мониторинг состояния берегов и динамики экзогенных процессов, так как в последние годы оно очень интенсивно осваивается объектами рекреационного и жилого назначения, резко активизирующими проявление опасных экзогенных процессов. Требуется дополнительное изучение современной динамики берегов на территориях, занятых воинскими частями и военной инфраструктурой, и не доступных для исследований.

ВЫВОДЫ

Интенсивное освоение Крымского побережья активизирует рост частоты проявления опасных и неблагоприятных экзогенных геологических процессов на берегах Севастополя. Участок между м. Константиновский и м. Виноградный включает ингрессионные бухты и открытые абразионные берега. Значительная часть бухтовых берегов является антропогенными, практически, не изменяющимися в настоящее время.

Низменное побережье у м. Херсонес повышается на северо-восток до 7,3 м у м. Константиновский и юго-восток до 77,0 м у м. Виноградный. Берега развиваются в условиях тектонического опускания. Они выработаны в неогеновых известняках, по устойчивости к абразии отнесенных к категории устойчивых пород. При продвижении от мысов бухт к вершинам известняки замещаются глинами и рыхлыми морскими четвертичными отложениями.

Береговую линию между м. Константиновский и м. Херсонес расчленяют около 30 бухт, крупнейшими среди которых являются Севастопольская, Южная, Карантинная, Стрелецкая, Круглая, Камышовая и Казачья. В вершинах бухт формируются пляжи комплексного питания средней шириной 10-15 м. Из-за дефицита обломочного материала осуществляется их искусственная подпитка. В результате, их ширина, вещественный и гранулометрический составы значительно изменены. На открытых берегах пляжи «карманного» типа имеют ширину до 3-7 м.

Абразионные, оползневые, обвальные, осыпные и карстовые процессы активны, главным образом, на открытых берегах и мысах. Скорости береговых процессов, по разным данным, изменяются от 0-0,01 до 0,05-0,25 м/год (максимум – 0,5 м/год). Берега отступают в Карантинной, Песочной, Стрелецкой, Круглой и Казачьей бухтах.

СОСТОЯНИЕ БЕРЕГОВ И ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ МЕЖДУ М. КОНСТАНТИНОВСКИЙ И М. ВИНОГРАДНЫЙ ...

В ситуации отступления берегов региона, необходимы разработка и реализация комплекса берегозащитных мероприятий на приоритетных участках побережья. К ним отнесено античное городище «Херсонес Таврический» и восточный берег Карантинной бухты. При выборе существующих концепций берегозащиты следует руководствоваться принципом «геоники», который предполагает максимальное соответствие используемых методов и элементов гидротехнических сооружений природным процессам и объектам, и направлен на сохранение естественного облика приморских ландшафтов. Важной мерой стабилизации берегов является контроль всех видов хозяйствования в границах пятисотметровой морской водоохранной зоны.

Работа выполнена в рамках гос. заданий ФГБНУ ИПТС (№ 0012-2019-0007) и ФГБУН ИМБИ (гос. регистрационный № АААА-А18-118020890074-2).

Список литературы

1. Шуйский Ю. Д. Процессы и скорости абразии на украинских берегах Черного и Азовского морей // Известия АН СССР. Серия география. 1974. №6. С. 108–117.
2. Изучение оползней Крымской области за 1976–1980 гг. и 1981–1982 гг.: отчет / Крымская гидрогеологическая экспедиция; исполн. И. Ф. Ерыш. Симферополь, 1983.
3. Составить кадастр надводной части берегов Крыма применительно к масштабу 1:200 000: отчет / Крымская гидрогеологическая экспедиция, Институт минеральных ресурсов; отв. исполн. О. С. Романюк. Симферополь, 1988.
4. Изучение условий развития экзогенных геологических процессов береговой зоны Крымского полуострова: отчет / ГПП «Крымгеология»; исполн. Ю. П. Лукьянов. Симферополь, 1993.
5. Шуйский Ю. Д. Типы берегов Світового океану. Одесса: Астропринт, 2000. 480 с.
6. Луговой Н. Н. Современное состояние морских берегов Севастополя // Теория и методы современной геоморфологии. Материалы XXXV пленума геоморфологической комиссии РАН. 2016. Т. 1. Симферополь. С. 241–245.
7. Долотов В. В., Горячкин Ю. Н., Долотов А. В. Статистический анализ изменений береговой линии пляжа поселка Любимовка // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2017. № 1. С. 40–47.
8. Зенкович В. П. Морфология и динамика Советских берегов Черного моря. В 2 т. М.: АН СССР, 1958, 1960.
9. Романюк О. С. Пляжи Крыма, их генезис и перспективы практического использования: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Симферополь, 1968.
10. Шуйский Ю. Д. Питание обломочным материалом северо-западного и крымского районов шельфа Черного моря // Исследование динамики рельефа морских побережий. М.: Наука, 1979. С. 89–97.
11. Прогноз экзогенных геологических процессов на черноморском побережье СССР / под ред. А. И. Шеко, В. С. Круподерова. М.: Недра, 1979. 239 с.
12. Золотарев Г. С., Ерыш И. Ф. Проблемы инженерной геологии и защиты Черноморского побережья и Горного Крыма // Инженерная геология. 1985. № 2. С. 61–71.
13. Разработка методических основ моделирования карста и абразии в Крыму. Т.3. Текст: отчет / Институт минеральных ресурсов. Симферополь, 1985. 167 с.
14. Игнатов Е. И., Лукьянова С. А., Соловьева Г. Д. Морские берега Крыма // Геоморфология. 2016. №1. С. 55–63.
15. Игнатов Е. И., Орлова М. С., Санин А. Ю. Береговые морфосистемы Крыма. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. 266 с.
16. Ключин А. А. Экзогеодинамика Крыма. Симферополь: Таврия, 2007. 320 с.

17. Современное состояние береговой зоны Крыма: атлас-монография. Под ред. Ю. Н. Горячкина. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2015. 252 с.
18. Агаркова-Лях И. В. Современное состояние береговой зоны Севастопольского региона и особенности ее антропогенного преобразования // Культура народов Причерноморья. 2007. № 118. С. 7–13.
19. Скребец Г. Н., Агаркова-Лях И. В. Парагенетические ландшафтные комплексы абразионно-бухтовых ингрессионных берегов черноморского побережья Крыма // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «География». 2004. Т. 17 (56). № 4. С. 73–83.
20. Долотов В. В., Иванов В. А. Повышение рекреационного потенциала Украины: кадастровая оценка пляжей Крыма. Севастополь: МГИ НАНУ, 2007. 194 с.
21. Лазицкая Н. Ф. Общественно-географическое обоснование развития рекреационного водопользования в г. Севастополь: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Симферополь, 2014. 23 с.
22. Орлова М. С. Морские берега Крыма как ресурс рекреации (на примере берегов Западного Крыма): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2010. 26 с.
23. Удовик В. Ф., Харитонов Л. В., Горячкин Ю. Н. Мониторинг состояния городских пляжей Севастополя // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2017. № 4. С. 86–94.
24. Новиков А. А., Каширина Е. С., Белоконов В. В. Геолого-геоморфологические опасные процессы как факторы угроз для особо охраняемых природных территорий г. Севастополя // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: сб. научн. тр. 2014. Вып. 29. Севастополь. С. 61–69.
25. Луговой Н. Н. Типизация, районирование и состояние морских берегов Севастополя // Геоморфологи: к юбилейному XXXV Пленуму Геоморфологической комиссии РАН в Симферополе / Под ред. М. Е. Кладовщиковой, Э. А. Лихачевой. Т. 7. М.: Медиа-Пресс, 2016. С. 131–142.
26. Агаркова-Лях И. В. Развитие экзогенных геологических процессов в береговой зоне Крыма от м. Лукулл до м. Константиновский // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: ИПТС. 2017. Вып. 10 (30). С. 58–67.
27. Горячкин Ю. Н., Федоров А. П. Оползни Севастопольского региона. Часть 2. Гераклеийский по-ов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. Вып. 2. С. 4–12.
28. Ромашенко М. И., Ляшевский В. И., Войтович И. В., Левченко А. И., Ковтунович И. В., Яковлев В. В. Берегоукрепления древнего городища «Херсонес Таврийский» // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2011. Вып. 25. Т. 1. С. 111–116.
29. Удовик В. Ф., Михайличенко С. Ю., Горячкин Ю. Н. О возможном пути решения проблемы защиты берегов заповедника «Херсонес Таврический» // Морской гидрофизический журнал. 2016. № 2. С. 27–37.
30. За последние 20 лет на Гераклеийском полуострове произошло не менее 12 крупных обвалов берегового склона... В. Илларионов. URL: <http://www.sevnews.info/rus/view-news/Za-poslednie-20-let-na-Geraklejskom-poluostrove-proizoshlo-ne-menee-12-krupnyh-obvalov-beregovogo-sklona-est-ganepue-i-pogibshie-/29821> (дата обращения: 25.02.17)
31. Лебединский В. В., Пронина Ю. А. Исследование древней береговой линии Херсонеса Таврического и его хоры // Підводні дослідження: Археологія. Історія. Дайвінг. 2013. Вип. 5. С. 145–153.
32. Оползни в Карантинной бухте продолжают [Электронный ресурс]. SEVAS.com. Новости. 17.10.2015. URL http://news.sevas.com/other/opolzni_v_karantinnoj_buhte_sevastopolya_foto_oktyabr_2015 (дата обращения: 28.02.2017).
33. Ежегодный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города федерального значения Севастополя за 2015 год. Главное управление природных ресурсов и экологии города Севастополя (Севприроднадзор). Севастополь, 2016. 147 с. URL: https://sevastopol.gov.ru/files/iblock/d03/ecogodsoklad_sev_2015.pdf (дата обращения: 20.10.2018).
34. Ежегодный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города Севастополя за 2016 год. Главное управление природных ресурсов и экологии города Севастополя (Севприроднадзор).

СОСТОЯНИЕ БЕРЕГОВ И ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
МЕЖДУ М. КОНСТАНТИНОВСКИЙ И М. ВИНОГРАДНЫЙ ...

Севастополь, 2017. 201 с. URL: http://ecosev.ru/images/gosdoklad/converted_file_eb8f7bea.pdf (дата обращения: 28.10.2017).

35. Вахрушев Б. А. Районирование карста Крымского полуострова // Спелеология і карстология. 2009. 3. С. 39-46.
36. Куклев С. Б. Проблемы защиты берегов российского сектора Черного моря: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Геленджик, 2003. 25 с.

**STATE OF THE COASTS AND EXOGENOUS GEOLOGICAL PROCESSES
BETWEEN CAPE KONSTANTINOVSKIY AND CAPE VINOGRADNIY ON THE
SOUTH-WESTERN COAST OF CRIMEA**

Agarkova-Lyakh I.V.¹, Lyakh A.M.²

¹Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia

E-mail: iva_crimea@mail.ru

²The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, Russia

E-mail: me@antonlyakh.ru

Intensive development of the Crimean coast intensifies the growth in the frequency of occurrence of adverse exogenous geological processes on Sevastopol coasts. The aim of the article is to consider the current state of coasts and the development of exogenous geological processes between capes Konstantinovskiy and Vinogradny.

The initial materials were: published works; funds of the Institute of mineral resources, Crimean hydrogeological expedition and GGP "Krymgeology"; cartographic sources; resource Google earth; field studies of the author. During the field work methods of observation, instrumental and semi-instrumental measurements at key sites, photometods were used. Methods of analysis and synthesis, comparative-geographical, comparative-historical were used for information processing.

The region between cape Konstantinovskiy and cape Chersonesos includes ingression bays and open abrasive coasts. A significant part of bay coasts are anthropogenic (man-made) coasts and, practically, they do not change at the present time.

The height of coasts is grow from cape Chersonesos. To the northeast near cape Konstantinovskiy the coasts heigh is 7.3 m, to southeast near cape Vinogradniy they height is 77 m. The speed of tectonic subsidence is varied from 0.5 to 3 mm·year⁻¹. They are developed in Neogene limestones and classified as abrasion resistant. During movement from capes to top of bays, the limestones are replaced by clays and loose quaternary marine sediments.

The coastline between cape Konstantinovskiy and cape Chersonesos is divided into about 30 bays, the largest of which are Sevastopol, South, Quarantine, Streleckaya, Kruglaya, Kamishovaya and Kosachiya. At the tops of the bays the beaches of an average width of 10-15 m are formed. They have a complex feeding, but due to the lack of debris their artificial recharge is carried out. As a result the width, material and granulometric composition of the coasts has been significantly changed. On the open coasts the beaches "pocket" type have a width of 3-7 m.

Abrasive, landslide, landslim, talus processes and karst are active mainly on open coasts and capes. The speed of coastal processes, according to different data, is vary from 0-0.01

to 0.05-0.25 m·year⁻¹ (maximum 0.5 m·year⁻¹). The banks retreat in Quarantine, Pesochnaya, Streleckaya, Kruglaya and Kazatchiya bays.

While the coast recede, the development and implementation of the complex of coastal protection acts is necessary. They firstly should be realized on the ancient settlement Chersonesos Taurica and the Eastern shore of Quarantine bay.

The selection of coastal protection concept first of all should be guided by the principle of geonics, which involves the maximum compliance of the methods and elements of hydraulic structures to natural processes and objects, and is aimed to preserving the natural appearance of coastal landscapes. An important measure of stabilization of coastal processes is the control of all types of management within the five-hundred-meter marine water protection zone.

Keywords: bays of Sevastopol, beaches, abrasion, landslide, rockslide, karst, coastal monitoring.

References

1. Shuiskiy Yu. D. Processy i skorosti abrazii na ukrainskih beregah Chernogo i Azovskogo morej (Processes and speeds of abrasion on the Ukrainian coast of the Black and Azov seas). *Izvestija AN SSSR. Serija geografija*, 1974, no 6, pp. 108–117 (in Russian).
2. *Izuchenie opolznej Krymskoj oblasti za 1976–1980 gg. i 1981–1982 gg.: otchet* (The study of Crimean region landslides in 1976–1980 and 1981–1982 years: report). Crimean hydrogeological expedition; executing Erysh I. F. Simferopol, 1983 (in Russian).
3. *Sostavit' kadastr nadvodnoj chasti beregov Kryma primenitel'no k masshtabu 1:200 000: otchet* (Compose inventory of above-water parts of the Crimean coast at a scale 1:200000: report). Crimean hydrogeological expedition, Institute of Mineral Resources; Ans. executed. Romaniuk O. Simferopol, 1988 (in Russian).
4. *Izuchenie uslovij razvitija jezkogennyh geologicheskikh processov beregovej zony Krymskogo poluostrova: otchet* (A study of conditions for the development of exogenous geological processes in the coastal zone of Crimea peninsula: report). GGP «Krymgeologija»; executing Luk'janov Ju. P. Simferopol, 1993 (in Russian).
5. Shuiskiy Yu. D. *Tipi beregiv Svitovogo okeanu* (Types of coast of the World Ocean). Odessa: Astroprint (Publ.), 2000, 480 p. (in Ukrainian).
6. Lugovoj N. N. *Sovremennoe sostojanie morskikh beregov Sevastopolja* (Current state of sea coast of Sevastopol). *Teorija i metody sovremennoj geomorfologii. Materialy XXXV plenuma geomorfologicheskoi komissii RAN*. 2016. T. 1. Simferopol', 2016, Vol. 1, pp. 241–245 (in Russian).
7. Dolotov V. V., Gorjachkin Ju. N., Dolotov A. V. *Statisticheskij analiz izmenenij beregovej linii pljazha poselka Ljubimovka* (Statistical analysis of changes of the coastline of the beach of the settlement of Lyubimovka). *Jekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon morja*, 2017, no. 1, pp. 40–47 (in Russian).
8. Zenkovich V. P. *Morfologija i dinamika Sovetskikh beregov Chernogo morja* (Morphology and dynamics of the Soviet coasts of the Black Sea). V 2. Moscow: AN SSSR (Publ.), 1958, 1960 (in Russian).
9. Romanjuk O. S. *Pljazhi Kryma, ih genesis i perspektivy prakticheskogo ispol'zovanija*: (Beaches of the Crimea, their genesis and prospects of practical use): Phd. Simferopol, 1968 (in Russian).
10. Shuysky Yu. D. *Pitanie oblomochnym materialom severo-zapadnogo i krymskogo rajonov shel'fa Chernogo morja* (Food detrital material of northwest and Crimean districts of the shelf of the Black Sea). *Issledovanie dinamiki rel'efa morskikh poberezhij*. M.: Science (Publ.), 1979, pp. 89–97 (in Russian).
11. *Prognoz jezkogennyh geologicheskikh processov na chernomorskom poberezh'e SSSR* (The forecast of exogenous geological processes on the Black Sea coast of the USSR). pod red. A. I. Sheko, V. S. Krupoderova. M.: Nedra, 1979, 239 p. (in Russian).

СОСТОЯНИЕ БЕРЕГОВ И ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
МЕЖДУ М. КОНСТАНТИНОВСКИЙ И М. ВИНОГРАДНЫЙ ...

12. Zolotarev G. S., Erysh I. F. roblemy inzhenernoj geologii i zashhity Chernomorskogo poberezh'ja i Gornogo Kryma (Problems of engineering geology and protection of the Black Sea coast and Mountain Crimea). *Inzhenernaja geologija*, 1985, no 2, pp. 61–71 (in Russian).
13. Razrabotka metodicheskikh osnov modelirovanija karsta i abrazii v Krymu. T.3. Tekst: otchet (Development of methodical bases of modeling of a karst and abrasion in the Crimea. T.3. Text: report). Simferopol': IMR, 1985, 167 p. (in Russian).
14. Ignatov E. I., Luk'janova S. A., Solov'eva G. D. Morskie berega Kryma (Sea coast of the Crimea). *Geomorfologija*, 2016, no 1, pp. 55–63. (in Russian).
15. Ignatov E. I., Orlova M. S., Sanin A. Ju. Beregovye morfosistemy Kryma (Coastal morfosystems of the Crimea). Sevastopol': JeKOSI-Gidrofizika (Publ.), 2014, 266 p. (in Russian).
16. Kljukin A. A. Jezzogeodinamika Kryma (Ekzogeodinamik of the Crimea). Simferopol': Tavrija (Publ.), 2007, 320 p. (in Russian).
17. Sovremennoe sostojanie beregovoj zony Kryma: atlas-monografija (Current state of a coastal zone of the Crimea: atlas-monograph.). Pod red. Ju. N. Gorjachkina. Sevastopol': JeKOSI-Gidrofizika, 2015, 252 p. (in Russian).
18. Agarkova-Ljah I. V. Sovremennoe sostojanie beregovoj zony Sevastopol'skogo regiona i osobennosti ee antropogennogo preobrazovanija (Current state of a coastal zone of the Sevastopol region and feature of its anthropogenic transformation). *Kul'tura narodov Prichernomor'ja*, 2007, no 118, pp. 7–13. (in Russian).
19. Skrebec G. N., Agarkova-Ljah I. V. Parageneticheskie landshaftnye komplekсы abraziionno-buhtovyh ingressionnyh beregov chernomorskogo poberezh'ja Kryma (Paragenetic landscape complexes of abrasion ingressation shores with bays of the Black Sea coast of Crimea). *Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Serija Geografija*, 2004, Vol. 17 (56), no 4, pp. 73–83 (in Russian).
20. Dolotov V. V., Ivanov V. A. Povyshenie rekreacionnogo potencijala Ukrainy: kadastravaja ocenka pljazhej Kryma. (Increase in recreational capacity of Ukraine: cadastral assessment of beaches of the Crimea). Sevastopol': MGI NANU, 2007, 194 p. (in Russian).
21. Lazickaja N. F. Obshhestvenno-geograficheskoe obosnovanie razvitija rekreacionnogo vodopol'zovanija v g. Sevastopol' (Public and geographical justification of development of recreational water use to Sevastopol): PhD thesis. Simferopol', 2014, 23 p. (in Russian).
22. Orlova M. S. Morskie berega Kryma kak resurs rekreacii (na primere beregov Zapadnogo Kryma): Avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. (Sea coast of the Crimea as a recreation resource (on the example of coast of the Western Crimea): PhD thesis. Moscow, 2010, 26 p. (in Russian).
23. Udovik V. F., Haritonova L. V., Gorjachkin Ju. N. Monitoring sostojanija gorodskih pljazhej Sevastopolja (Monitoring of a condition of city beaches of Sevastopol). *Jekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon morja*, 2017, № 4, pp. 86–94 (in Russian).
24. Novikov A. A., Kashirina E. S., Belokon' V. V. Geologo-geomorfologicheskie opasnye processy kak faktory ugroz dlja osobo ohranjaemyh prirodnyh territorij g. Sevastopolja (Geological and geomorphological dangerous processes as factors of threats for especially protected natural territories of Sevastopol). *Jekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa: sb. nauchn. tr., Sevastopol'*, 2014, Vol. 29, pp. 61–69 (in Russian).
25. Lugovoj N.N. Tipizacija, rajonirovanie i sostojanie morskikh beregov Sevastopolja (Typification, division into districts and condition of sea coast of Sevastopol). *Geomorfologi: k jubilejnomu XXXV Plenumu Geomorfologicheskoi komissii RAN v Simferopole / Pod red. M. E. Kladovshhikovej, Je. A. Lihachevoj. T. 7. M.: Media-Press*, 2016, pp. 131–142 (in Russian).
26. Agarkova-Ljah I. V. Razvitie jekzogenykh geologicheskikh processov v beregovoj zone Kryma ot m. Lukull do m. Konstantinovskij (Development of exogenous geological processes in a coastal zone of the Crimea from cape Lukull to cape Konstantinovskij). *Sistemy kontrolja okružhajushhej sredy. Sevastopol': IPTS*, 2017, Vyp. 10 (30), pp. 58–67 (in Russian).
27. Gorjachkin Ju. N., Fedorov A. P. Opolzni Sevastopol'skogo regiona. Chast' 2. Geraklejskij po-ov (Landslides of the Sevastopol region. Part 2. Heraklean Peninsula). *Jekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon morja*, 2018, Vol. 2, pp. 4–12 (in Russian).
28. Romashhenko M. I., Ljashevskij V. I., Vojtovich I. V., Levchenko A. I., Kovtunovich I. V., Jakovlev V. V. Beregoukriplennja drevn'ogo gorodishha «Hersones Tavrijskij» (Shore reinforcement of the ancient

- settlement "Chersonese Tavriysky"). *Jekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa*, 2011, Vol. 25, T.1, pp. 111–116 (in Ukrainian).
29. Udovik V. F., Mihajlichenko S. Ju., Gorjachkin Ju. N. O vozmozhnom puti reshenija problemy zashhity beregov zapovednika «Hersones Tavricheskij» (About a possible solution of a problem of protection of coast of the reserve "The Taurian Chersonese"). *Morskoy gidrofizicheskij zhurnal*, 2016, № 2, pp. 27–37 (in Russian).
 30. Za poslednie 20 let na Geraklejskom poluostrove proizoshlo ne menee 12 krupnyh obvalov beregovogo sklona. V. Illarionov. (For the last 20 years on the Geraklejsky peninsula there were not less than 12 large collapses of a coastal slope... Sevastopol news. V. Illarionov). URL: <http://www.sevnews.info/rus/view-news/Za-poslednie-20-let-na-Geraklejskom-poluostrove-proizoshlo-ne-menee-12-krupnyh-obvalov-beregovogo-sklona-est-ranenye-i-pogibshie-/29821> (accessed: 25.02.17) (in Russian).
 31. Lebedinskij V. V., Pronina Ju. A. Issledovanie drevnej beregovoj linii Hersonesa Tavricheskogo i ego hory (Research of the ancient coastline of Chersonese Taurian and its choruses). *Pidvodni doslidzhennja: Arheologija. Istorija. Dajving*, 2013, Issue 5, pp. 145-153 (in Ukrainian).
 32. Opolzni v Karantinnoj buhte prodolzhajutsja. SEVAS.com. Novosti. 17.10.2015 (Landslides in the Quarantine bay proceed. SEVAS.com. News. 17.10.2015). URL: http://news.sevas.com/other/opolzni_v_karantinnoj_buhte_sevastopolya_foto_oktyabr_2015 (accessed: 28.02.2017) (in Russian).
 33. Ezhegodnyj doklad o sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy goroda federal'nogo znachenija Sevastopolja za 2015 god. Glavnoe upravlenie prirodnyh resursov i jekologii goroda Sevastopolja (Sevprirrodnadzor). (The annual report on a state and on environmental protection of the federal city of Sevastopol for 2015. Head department of natural resources and ecology of the city of Sevastopol (Sevprirrodnadzor)). 2016. URL: https://sevastopol.gov.ru/files/iblock/d03/ecogodoklad_sev_2015.pdf (accessed: 20.10.2018) (in Russian).
 34. Ezhegodnyj doklad o sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy goroda Sevastopolja za 2016 god. Glavnoe upravlenie prirodnyh resursov i jekologii goroda Sevastopolja (Sevprirrodnadzor) (The annual report on a state and on environmental protection of the city of Sevastopol for 2016. Head department of natural resources and ecology of the city of Sevastopol (Sevprirrodnadzor)). 2017. URL: http://ecosev.ru/images/gosdoklad/converted_file_eb8f7bea.pdf (accessed: 28.10.2017) (in Russian).
 35. Vahrushev B. A. Rajonirovanie karsta Krymskogo poluostrova (Division into districts of a karst of the Crimean peninsula). *Speleologija i karstologija*, 2009, no 3, pp. 39–46 (in Russian).
 36. Kuklev S. B. Problemy zashhity beregov rossijskogo sektora Chernogo morja (Problems of protection of coast of the Russian sector of the Black Sea): PhD thesis. *Gelendzhik*, 2003, 25 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 14.02.2019