

УДК 581.526.323 (477.75)

DOI 10.36305/0513-1634-2021-140-77-83

**ШТОРМОВЫЕ ВЫБРОСЫ МАКРОФИТОВ У МЫСА МАРТЬЯН  
(ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА, ЧЁРНОЕ МОРЕ)****Татьяна Викторовна Белич, Светлана Александровна Садогурская,  
Сергей Ефимович Садогурский**

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН  
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, Никитский спуск, 52  
E-mail: tbelich@yandex.ru

Представлены сведения об особенностях формирования штормовых выбросов макрофитов на побережье, у мыса Мартьян (Южный берег Крыма). Исследования проводились с июня 2019 г. по август 2020 г. Штормовые выбросы на данном участке побережья формируются при ветрах восточного (включая северо- и юго-восточное), южного и юго-западного направлений и соответствующем направлении волн. При северных и западных ветрах скопившиеся водоросли уносятся обратно в море. Вдоль выровненных участков берега штормовые выбросы распределяются достаточно равномерно, не образуя обильных скоплений. Вблизи глыбового навала, а также у оснований гидротехнических сооружений формируются стабильные зоны аккумуляции выбросов. За один шторм выносятся от 40 кг до 7784 кг фитомассы. Всего за год на берег поступило 33061 кг штормовых выбросов, что составляет около одного процента годовой продукции и чуть больше двух процентов запасов донной растительности прилегающей акватории. Объём штормовых выбросов зависит от интенсивности волной деятельности, направления и силы ветров, от морфологии берега, а также от сезонных явлений в жизненном цикле макрофитов.

**Ключевые слова:** штормовые выбросы; водоросли-макрофиты; Южный берег Крыма; мыс Мартьян; Чёрное море

**Введение**

Морские макроводоросли и травы, обитающие в прибрежной зоне, вследствие естественного отмирания или механического повреждения из-за гидродинамических явлений выносятся волнами на берег и образуют штормовые выбросы. Фитомасса штормовых выбросов может достигать нескольких тысяч тонн, формируя в прибрежной полосе многокилометровые валы шириной до 5 м и высотой до 1,5 м [5, 6]. Учитывая масштабы выбрасываемого морем растительного сырья, естественно появление большого числа научных трудов и научно-практических разработок в области определения запасов, путей добычи и переработки морских трав и водорослей [10]. Штормовые выбросы водорослей используются для получения агар-агара и как удобрения для сельскохозяйственных культур, а морских трав, в частности взморника, как изоляционный материал при строительстве, для набивки мебели, для изготовления тканей и бумаги [9]. Помимо традиционных областей применения, морские травы и водоросли всё более рассматриваются как исходное сырьё для получения витаминов, микроэлементов, других соединений [14]. Использование штормовых выбросов, а не прямая добыча позволяет минимизировать антропогенное воздействие на морские бентосные экосистемы. В рекреационных районах появление выбросов на пляжах рассматривается как фактор загрязнения, т.к. выброшенные на берег водоросли начинают быстро разлагаться. Штормовые выбросы, смываемые обратно в море, вызывают вторичное эвтрофирование и ухудшение качества морской воды в прибрежной полосе [3].

На Южном берегу Крыма (ЮБК), где уникальное сочетание природно-климатических факторов, ландшафтного разнообразия и культурно-исторического наследия обуславливают высокую концентрацию населения и сезонных рекреантов, чистые морская вода и побережье одни из самых ценных природных ресурсов. На ЮБК образование штормовых выбросов изучалось в районе мыса Мартьян, который расположен на восточном замыкании Ялтинского горно-лесного амфитеатра. Это уникальный территориально-аквальный комплекс ЮБК, включающий участок реликтового леса, близкого по составу и структуре средиземноморскому маквису и прибрежно-морские сообщества с типичной донной растительностью. В 1973 г. здесь был создан государственный природный заповедник с одноименным названием. В настоящее время эта особо охраняемая природная территория (ООПТ) функционирует в статусе природного парка. С момента создания «Мыс Мартьян» выполнял функцию эталонного полигона для проведения мониторинговых и различных междисциплинарных исследований на ЮБК и его значение в этом качестве в последние годы лишь возрастает [4, 13]. В результате проведенных исследований был выяснен видовой состав штормовых выбросов в весенний и осенний периоды. Показано, что его эколого-флористические показатели соответствуют характеристикам макрофитобентоса, прилегающей акватории [15,16]. Было установлено, что основную биомассу выбросов составляют два вида *Cystoseira* s.l.<sup>1</sup> Наиболее часто встречаются представители родов: *Cladostephus* C.Agardh, *Laurencia* J.V. Lamour., *Polisiphonia* Grev., *Phyllophora* Grev., *Ceramium* Roth [11]. Было показано, что весенние выбросы макрофитов на ЮБК по своим масштабам интереса для промышленной разработки не представляют [12]. Так как ранее проведенные исследования базировались на разовых учетах, они не могли дать объективной картины годового объема поступающей на берег фитомассы морских макрофитов. Поэтому целью данной работы был мониторинг штормовых выбросов на побережье "Мыса Мартьян" в течение 2019-2020 гг. для выяснения сезонной динамики и общего объема фитомассы водорослей, поступающих из морской акватории.

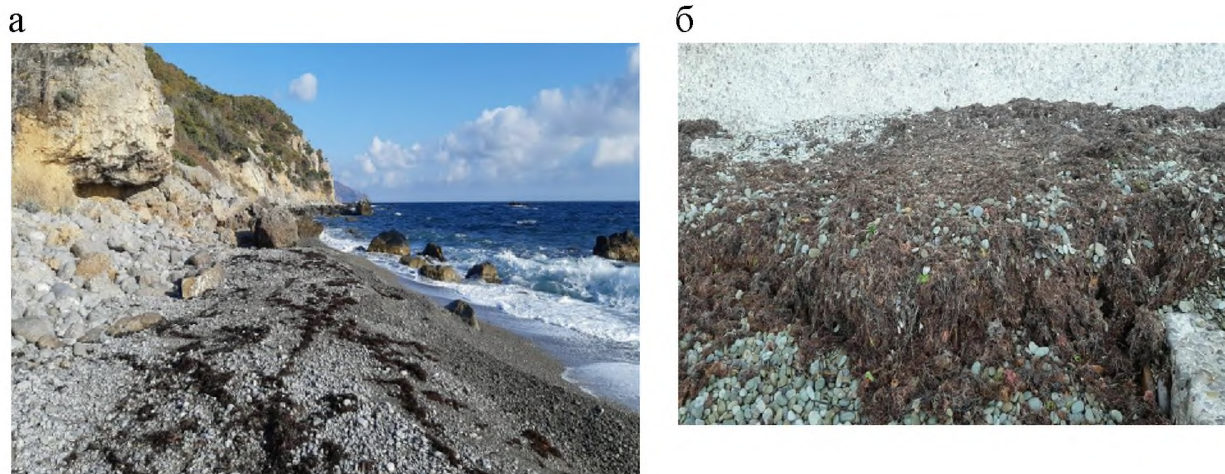
### Объекты и методы исследования

Исследования проводились в границах территориально-аквального комплекса ООПТ «Мыс Мартьян» и на прилегающих с западной стороны отсеках отсыпных пляжей с июня 2019 г. по август 2020 г. Учет штормовых выбросов проводили по мере их появления, обычно на следующий день после штормов. Общая протяженность побережья около 2 км, для него характерны обрывистые скалы, опоясанные валунно-галечными, гравийно-галечными и реже валунно-глыбовыми пляжами, а так же отсыпные гравийно-галечные пляжи, окаймленные бетонными берегоукрепительными сооружениями. Образующиеся на выровненных участках штормовые выбросы распределены достаточно равномерно (рис.1а), поэтому выбирался характерный участок протяженностью 100 м, для которого определялся объем и масса выбросов, после чего данные пересчитывали на 2 км береговой линии. Объем выбросов определяли по занимаемой ими площади и высоте. Площадь, занятую штормовыми выбросами, вычисляли с учетом проективного покрытия. Для вычисления объема использовали средние значения ширины, высоты, протяженности. Кроме того, объем и масса водорослей определялись в стабильных зонах аккумуляции выбросов так называемых «ловушках» (рис. 1б).

Для количественного учета отбиралось три пробы выбросов, объемом 0,001 м<sup>3</sup>. Так как пробы отличались по степени влажности (выброшенные растения расположены

<sup>1</sup> *Cystoseira* s.l. в настоящее время разделен на три рода: *Cystoseira* C.Agardh, s. str., *Ericaria* Stackh. и *Gongolaria* Boehm. В Черном море обитают представители двух последних родов [19]

на разной удаленности от прибоя; разные периоды времени, прошедшие со времени выноса на берег и т.д.), их высушивали и определяли воздушно-сухой вес, чтобы иметь сравнимые данные. Затем определяли средний вес водорослей в пробе и пересчитывали на  $1\text{ м}^3$ . Коэффициент отношения сырого веса макрофитов к их воздушно-сухой массе, составляющий 4,11, был установлен эмпирически. Массу выбросов определяли путем умножения установленного объема на вес  $1\text{ м}^3$  выбросов. Пробы разбирали по видам. Номенклатура и систематическое положение водорослей приведены по AlgaeBase [18].



**Рис. 1 Штормовые выбросы макрофитов на галечных пляжах в ООПТ «Мыс Мартьян»: а – выровненный природный берег; б – зона аккумуляции у основания буны**

### **Полученные результаты и обсуждение**

В период проведения мониторинга на побережье у мыса Мартьян зафиксировано 17 штормов, после которых были образованы штормовые выбросы макрофитов (табл. 1). Необходимо отметить, что далеко не все шторма заканчиваются их образованием, существенное значение имеет соотношение направлений ветра и конфигурации берега. В основном штормовые выбросы на данном участке побережья формируются при ветрах восточного (включая северо- и юго-восточное), южного и юго-западного направлений и соответствующем направлении волн (наши наблюдения и [2]). При северных и западных ветрах (в нашем случае, это ветры с берега) скопившиеся водоросли уносятся обратно в море.

Вдоль выровненных участков берега штормовые выбросы распределяются достаточно равномерно, не образуя обильных скоплений (см. рис. 1а), в то время как вблизи глыбового навала, а также у оснований гидротехнических сооружений сформировались три стабильные зоны аккумуляции выбросов (рис. 1б). Как правило, штормовые выбросы остаются на берегу непродолжительный период. На выровненных пляжных участках их уносит обратно в море в течение нескольких дней. В "ловушках" скопления могут задерживаться до месяца, вымываясь постепенно. После некоторых штормов выбросы формировались только в ловушках, тогда как на остальном побережье было пусто. Самой "продуктивной" ловушкой оказался один из отсеков отсыпного пляжа, ограниченный с двух сторон бунами. Именно здесь после некоторых штормов было сосредоточено от 60% до 87% вынесенной морем фитомассы (3737 кг – 24.05.20, 3114 кг – 08.08.20, 2522 кг – 19.01.20).

Объем выбросов зависит от многих факторов, поэтому его почти невозможно прогнозировать. За один шторм выбрасывало от 40 кг до 7784 кг фитомассы (см. табл. 1). Всего за время наблюдений на берег поступило 41577 кг штормовых выбросов (за

календарный год с июня 2019 по май 2020 – 33061 кг). С февраля по май, не смотря на активную волновую деятельность, штормовые выбросы были минимальны и составили менее 10% от общего за время наблюдений объема, а основная масса была вынесена в ноябре – январе и в мае – августе (рис. 2).

Таблица 1

Динамика образования штормовых выбросов макрофитов на побережье у мыса Мартьян

Дата наблюдений	Вес штормовых выбросов, кг	Направление ветра накануне наблюдений
19.06.19	2896	св
6.08.19	5955	ю, юз, юв
7.11.19	263	ю, юз
15.11.19	4857	св, в
26.11.19	293	в, св
11.12.19	7784	в, св
19.01.20	2989	в, св
6.02.20	794	юв, юз
12.02.20	51	юз
29.02.20	125	в
6.03.20	40	ю, юз
2.04.20	343	в, св
10.04.20	817	юв, в
18.04.20	1557	в, юв, ю
24.05.20	4297	в, юв
11.07.20	3674	в, св
08.08.20	4842	св
Примечания: св – северо-восточное, в – восточное, ю – южное, юз – юго-западное, юв – юго-восточное		

Подавляющую их часть, более 90% биомассы, составляли *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze и *Ericaria crinita* f. *bosporica* (Sauv.) Sadogurska, Neiva & Israel. До 5% биомассы (чаще 2-3%) приходилось на: *Cladostephus hirsutus* (L.) Boudour. et M.Perret ex Heesch et al., *Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon, представителей родов *Ceramium*, *Polysiphonia*, *Laurencia* и *Osmundea* Stackh., *Palisada* K.W. Nam. В мае-июне в выбросах обычны *Cladophora* Kütz. и *Ulva* L., но их биомасса крайне незначительна, менее одного процента. Осенью и зимой в выбросах часто встречаются листья взморника (*Zostera marina* L. и *Z. noltei* Hornem.), но они не дают значительной биомассы. Полный видовой состав и объемы выбросов определяется, видовым составом и продуктивностью тех сообществ, которые обитают в прилегающей акватории. К настоящему моменту макрофлора охраняемой морской акватории «Мыса Мартьян» насчитывает 154 вида макрофитов: Chlorophyta – 37, Ochrophyta – 30, Rhodophyta – 85, Tracheophyta 2 [20]. Таким образом, все эти виды могут встречаться в штормовых выбросах на побережье. Наиболее широкий интервал глубин от 0,5 – 1 м до 10 (12) м занимают фитоценозы, в которых доминирует *E. crinita* f. *bosporica*, в защищенных или относительно глубоких участках в числе содоминантов *G. barbata*. Эти два вида образуют т.н. "цистозировый пояс", который характерен для всего гидробиотического района ЮБК [8]. Средние значения биомассы макрофитов в сообществах составляют 4,6 кг·м<sup>-2</sup>.

Согласно проведенным ранее исследованиям общая площадь сублиторальной растительности в акватории у мыса Мартьян составила 390300 м<sup>2</sup>. Из них 309000 м<sup>2</sup> занята сообществами цистозеры (*Cystoseira* s.l., а именно *G. barbata* и *E. crinita* f. *bosporica*), а на рыхлых грунтах в западной части акватории на площади 81300 м<sup>2</sup> – зарослями zostеры (*Z. marina* и *Z. noltei*) [1].



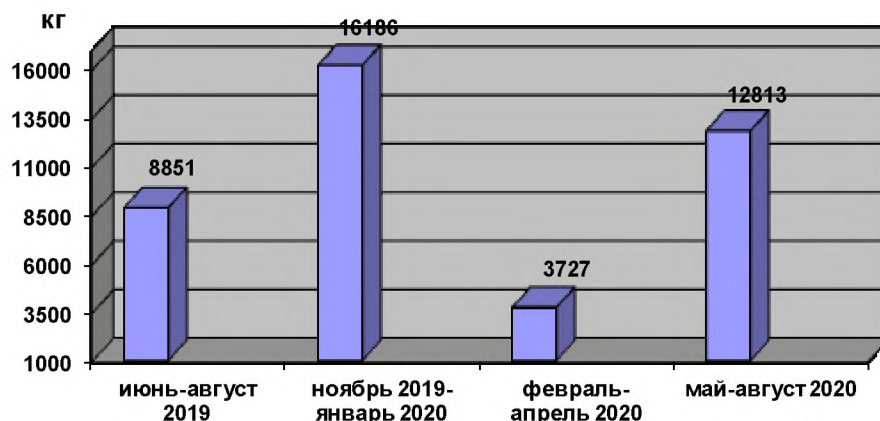


Рис. 2 Распределение фитомассы штормовых выбросов на побережье ООПТ «Мыс Март'ян» (июнь 2019 г. – август 2020 г.)

Запасы сублиторальной бентосной растительности достигают 1431 т, из которых 99,6% приходится на сообщества цистозир (запасы zostеры не превышают и 6 т), а годовая первичная продукция составила 3136,3 т [17]. Таким образом, штормовые выбросы, которые оказываются на берегу, составляют около одного процента годовой продукции и чуть больше двух процентов запасов донной растительности прилегающей акватории. Это позволяет предполагать, что в зависимости от погодных условий года объем выбрасываемой на берег фитомассы может быть выше.

Конечно, появление выбросов носит случайный характер, но некоторую зависимость можно отметить. Так, высокие показатели фитомассы выбросов были отмечены в августе и в декабре (см. таблицу 1). Это вполне согласуется с биологическими особенностями *G. barbata* и *E. crinita* f. *bosphorica*. Именно к августу наблюдается массовое опадение боковых ветвей, выросших за весну (чтобы убедиться в этом, наблюдения были продолжены до августа 2020 г.), а к декабрю опадают боковые веточки, выросшие за сентябрь-ноябрь. [7, 8]. Они и образуют основную фитомассу штормовых выбросов.

### Выводы

Мониторинг штормовых выбросов на ЮБК показал, что их объем зависит от интенсивности волновой деятельности, направления и силы ветров, от морфологии берега, а также от сезонных явлений в жизненном цикле макрофитов. Как правило, штормовые выбросы формируют скопления в постоянных местах, т.н. ловушках. Основная их масса концентрируется у гидротехнических сооружений, в том числе в межбунном пространстве отсыпных пляжей. Видовой состав и соотношение биомасс основных видов в выбросах определяется сообществами прилегающей акватории.

Наше исследование показало относительную бедность запасов штормовых выбросов, однако, нужно отметить, что оно охватывало лишь незначительный участок побережья ЮБК. Безусловно, рассматривать штормовые выбросы как сырье для промышленного производства, не представляется возможным, т.к. объемы их незначительны, а появление носит во многом случайный характер. Но использовать как экологически чистое удобрение в югобережных парках, вполне реально. Причем применять их можно, как в свежем виде, так и в сухом. При этом одновременно решаются две весьма актуальные для ЮБК задачи. Пляжные отсеки очищаются от штормовых выбросов, а парки получают полноценные удобрения, обогащающие почву микро- и макроэлементами.

## Список литературы

1. *Артемов Ю.Г., Садогурский С.Е., Плугатарь Ю.В., Белич Т.В., Садогурская С.А., Евтушенко Д.Б.* Гидроакустическое исследование макроскопической донной растительности в заповедной морской акватории у Мыса Мартьян // *Морской биологический журнал*. – 2019. – Т. 4. – № 3. С. 15-25. DOI: <https://doi.org/10.21072/mbj.2019.04.3.02>
2. Архив погоды в Никитском саду. – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=33995> (searched on 21.09.2021).
3. *Блинова Е.И., Сабурин М.Ю.* Штормовые выбросы макрофитов. Условия формирования и влияние на экологическое состояние моря (на примере Анапской бухты, Черное море) // *Труды ВНИРО*. – 2005. – Т. 144. – С.286-293.
4. *Егоров В.Н., Плугатарь Ю.В., Малахова Л.В., Мирзоева Н.Ю., Гулин С.Б., Поповичев В.Н., Садогурский С.Е., Малахова Т.В., Щуров С.В., Проскурнин В.Ю., Бобко Н.И., Марченко Ю.Г., Стецюк А.П.* Экологическое состояние акватории особо охраняемой природной территории «Мыс Мартьян» и проблема реализации её устойчивого развития по факторам эвтрофикации, радиоактивного и химического загрязнения вод // *Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян»*. – 2018. – Вып. 9. – С. 36–40.
5. *Жильцова Л.В.* Штормовые выбросы макрофитов в Приморье: источник загрязнения моря или полезное сырьё? // *Вестник Морского государственного университета. Серия: Теория и практика защиты моря*. – 2011. – Вып. 48. – С. 7-12.
6. *Жильцова Л.В., Приходченко А.В.* Рациональный подход к сбору штормовых выбросов анфельции в Приморье // *Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования. Материалы II Национальной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры экологии моря ФГБОУ ВО «КГМУ»*. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2019. – С. 300-305.
7. *Калугина А.А.* "Запасы цистозеры в Черном море и перспективы ее использования" // *Растительные ресурсы*. – 1968. – Т. IV, Вып. 1. – С. 14-23.
8. *Калугина-Гутник А.А.* Фитобентос Чёрного моря. – Киев: Наукова думка, 1975. – 248 с.
9. *Ключкова Т.А., Климова А.В., Ключкова Н.Г.* Перспективы использования Камчатских ламинариевых водорослей в региональном растениеводстве // *Вестник КамчатГТУ*. – 2019. – № 48. – С. 90-103. – [Электронный ресурс] – URL: <https://10.17217/2079-0333-2019-48-90-103>
10. *Киреева М.С.* Количественный учет выбросов водорослей в Балтийском море // *Труды ВНИРО*. – 1960. – Т. XLII. – С. 206-209.
11. *Маслов И.И.* Видовой и количественный состав в выбросах // *Летопись природы государственного заповедника «Мыс Мартьян»*. Книга 3. – 1976. – Т. 2. – С. 293-304.
12. *Маслов И.И., Белич Т.В., Садогурский С.Е.* Оценка запасов штормовых выбросов морских трав и водорослей на Крымском побережье Черного моря. Изучение сырьевой базы макроводорослей в районе Южного берега Крыма: Отчет о научно-исследовательской работе. – Ялта: ГНБС, 1997. – 22 с.
13. *Плугатарь Ю.В., Багрикова Н.А., Белич Т.В., Костин С.Ю., Крайнюк Е.С., Маслов И.И., Садогурский С.Е., Садогурская С.А., Саркина И.С.* Природный заповедник «Мыс Мартьян» (2-е изд., переработанное и дополненное). – Симферополь: ИТ «Ариал», 2018. – 104 с.
14. *Подкорытова А.В., Вафина Л.Х.* Химический состав бурых водорослей Черного моря: род *Cystoseira*, перспективы их использования // *Труды ВНИРО*. – 2013. – Т. 150. – С. 100-107.
15. *Садогурская С.С., Белич Т.В.* Осенние штормовые выбросы макрофитов в

природном заповіднику "Мис Март'ян" // Каразінські природознавчі студії: матеріали наукової конф. з міжнародною участю. Присвячена 100-річчю з дня народження Ю.М. Прокудіна і О.М. Матвієнко – професорів Харківського університету (м. Харків, 1-4 лютого 2011р.). – Харків, 2011. – С. 208-209.

16. *Садогурская С.С., Садогурский С.Е., Белич Т.В.* Видовой состав макрофитов в штормовых выбросах в природном заповеднике "Мыс Мартъян" // Бюллетень ГНБС. – 2007. – Вып. 95. – С. 8-11.

17. *Egorov V.N., Gorbunov R.V., Pligatsky Yu.V., Malakhova L.V., Sadogurskiy S. E., Artemov Yu. G., Proskurnin V.Yu., Mirzoyeva N.Yu., Marchenko Yu. G., Belich T.V., Sadogurskaya S.A.* Cystoseira phytocenosis as a biological barrier for heavy metals and organochlorine compounds in the SPNA Cape Martyan marine area (the Black Sea) // *Regional Studies in Marine Science*. – 2021. – Vol. 41. 101572. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101572>

18. *Guiry, M.D., Guiry, G.M.* AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2020. Accessed at: <http://www.algaebase.org>. Retrieved: 19.06.2021

19. *Sadogurska S.S., Neiva J., Falace A. Serrao E.A. & Israel A.* Taxonomic revision of the genus *Cystoseira* s.l. (Ochrophyta, Fucales, Sargassaceae) in the Black Sea: morphological variability and molecular taxonomy of *Gongolaria barbata* and *Ericaria crinita* f. *bosporica* comb. nov. *Phytotaxa*. – 2021. – 480 (1). – P. 1–21.

20. *Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V., Sadogurskaya S.A.* Macrophytes of the marine water areas of the nature reserves in the Crimean Peninsula (Black Sea and Azov Sea) // *International Journal on Algae*. – 2019. – 21 (3) – P. 253-270. DOI: <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i3.50>

**Belich T.V., Sadogurskaya S.A., Sadogursky S.Ye. Storm emissions of macrophytes at the cape Martyan (Southern coast of Crimea, Black Sea)** // *Bull. of the State Nikit. Botan. Gard.* – 2021. – № 140. – P. 77-83

Information about the peculiarities of the formation of storm emissions of macrophyte on the coast, at cape Martyan (the Southern coast of the Crimea) is presented. The studies were conducted from June 2019 to August 2020. Storm emissions on this part of the coast are formed with winds from the eastern (including north-eastern and south - eastern), southern and south-western directions and the corresponding direction of the waves. With north and west winds, the accumulated algae are carried back to the sea. Along the leveled coastal areas, storm emissions are distributed fairly evenly, without forming abundant accumulations. Stable zones accumulation of emissions are formed near the block heap, as well as at the bases of hydraulic structures. During one storm, cast ashore 40 kg to 7784 kg of phytomass. In total, 33061 kg of storm emissions were received on the shore during the year, which is about one percent of the annual production and a little more than two percent of the bottom vegetation reserves of the adjacent water area. The volume of storm emissions depends on the intensity of wave activity, the direction and strength of winds, on the morphology of the coast, as well as on seasonal phenomena in the life cycle of macrophytes.

**Key words:** *storm emissions; algae-macrophytes; Southern coast of Crimea; cape Martyan; Black Sea*