

ШТОРМОВЫЕ ВЫБРОСЫ МАКРОФИТОВ В ЧУПИНСКОЙ ГУБЕ И В РАЙОНЕ ОСТРОВА СОНОСТРОВ (БЕЛОЕ МОРЕ, КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ)

Бахмет И.Н.¹, Наумов А.Д.²

¹Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия (185910, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11), email: igor.bakhmet@gmail.com

²Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург, Россия (199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д.1), email: naumov@gmail.com

В работе была проведена оценка запасов штормовых выбросов губы Чупа и острова Соностров Белого моря. Также определялся флористический состав выбросов. Штормовые выбросы формируются в основном на пологих литоральных террасах, чаще всего, на песчаных или илистых пляжах, где они лежат более или менее широкой полосой вдоль всей береговой линии. На скалистых осушках, особенно с крутым уклоном, выбросы, как правило, отсутствуют. Запасы органики на берегах уменьшаются с удалением от открытой части моря с полным исчезновением в куту. Масса органического материала штормовых выбросов в губе Чупе достигает 8 кг на погонный метр береговой линии. Общий запас выбросов в этом водоеме оценивается приблизительно в 324 т.

Ключевые слова: штормовые выбросы, Белое море, органика, бурые водоросли, красные водоросли.

STORM-CAST MACROPHYTES IN THE CHUPA BAY AND AROUND SONOSTROV ISLAND (GULF OF KANDALAKSHA, WHITE SEA)

Bakhmet I.N.¹, Naumov A.D.²

¹Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, RUSSIA (185910, Petrozavodsk, Pushkinskaia str. 11), email: igor.bakhmet@gmail.com

²Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, RUSSIA (199034, St.-Peterburg, Universitetskaia emb. 1), email: naumov@gmail.com

At the work the deposits of storm-cast macrophytes in the Chupa bay and around Sonostrov island was estimated. The flora composition was also determined. Storm-cast material is mainly deposited on gently sloping littoral terraces, most often on sand or silt beach sites, where it lies in a fairly wide band all along the shoreline. The material is hardly ever deposited on rocky, especially steeply sloping foreshore. The organic matter deposits on the shores is decreasing with moving off open part of the sea with whole absence in the upper part. The weight of storm-cast organic material in the Chupa Bay may be up to 8 kg per linear metre of shoreline. Total potential storm-cast material stock in the waterbody is estimated at around 324 tons.

Key-words: storm-cast macrophytes, the White Sea, organic material, brown algae, red algae.

Введение

Морские водоросли представляют собой ценное сырье, из которого получают целый ряд веществ, необходимых для химической и фармацевтической промышленности. Среди них в первую очередь следует назвать органические соединения йода, монит, агар и многое другое. Кроме того, в традиционном сельском хозяйстве Поморья они используются в качестве удобрения для огородов.

В настоящее время на Белом море водоросли добывают либо драгами или специальными граблями, либо выкашивают их заросли со шлюпок. Эти методы связаны с серьезными нарушениями донных осадков и приводят к значительным, иногда необратимым отрицательным последствиям для сообществ прибрежного бентоса, в том числе и к заметному снижению запасов водорослей [2, 4]. В то же время возможен альтернативный, гораздо более

щадящий и менее затратный способ заготовки сырья – сбор его из штормовых выбросов. В недавнем прошлом этот способ практиковался, по крайней мере, в Кандалакшском заливе.

Широкому применению этого метода заготовки водорослей препятствует то, что штормовые выбросы¹ Белого моря исследованы еще крайне не достаточно. До сих пор в научной литературе они в основном рассматривались с точки зрения их фаунистического и флористического состава.

Существует два основных типа выбросов: первый состоит в основном из фукоидов, второй – из ламинариевых водорослей и багрянок. Состав выбросов во многом определяется близлежащими сублиторальными сообществами [5]. Оба нижних вала выбросов обычно бывают представлены относительно свежими водорослями, в то время как растительный материал верхнего вала чаще всего пребывает на различных стадиях гниения, вплоть до полужидкой массы, на большую или меньшую глубину впитывающуюся в песок [3]. Средняя биомасса животных в штормовых выбросах составляет около 1300 г/м² [3]. Основа населения выбросов – наземные организмы. Здесь к настоящему времени обнаружено 7 видов паукообразных, 6 видов малощетинковых червей, по 2 вида многоножек и ракообразных и один вид моллюсков. Львиная доля видового состава – 49 видов приходится на насекомых. По биомассе и плотности поселения в выбросах доминируют олигохеты. Биомасса видов рода *Lumbricillus* составляет почти 600 г/м², рода *Enchytraeus* – 400 г/м². Плотность их поселения достигает сотен тысяч экз./м² [3]. Весьма изобильны личинки мух семейства Scathophagidae и некоторых жуков. Из морских животных в выбросах преобладают бокоплавывы рода *Gammarus*, биомасса которых обычно не превышает 10 г/м² [8]. Помимо них из морских животных в выбросах встречаются брюхоногие моллюски *Littorina saxatilis*.

Все обитатели выбросов перерабатывают гниющие водоросли и способствуют образованию детрита, который частично смывается в море штормами, а частично выносится на сушу муравьями. Например, муравьи рода *Formica* выносят около 60 г органического вещества в сутки на каждый погонный метр береговой линии [3].

Оценка их обилия в какой-либо определенной части Белого моря никогда не проводилась. Их роль в потоках органического вещества и в общем энергетическом балансе беломорской биоты в настоящее время практически не известна и может быть описана только в самых общих чертах.

¹ Термин «штормовые выбросы» недостаточно корректен, так как море под влиянием приливно-отливных течений выносит на литораль плавающие предметы в любую погоду. Для этого достаточно даже легкого бриза в сторону берега [5]. Тем не менее, термин устоялся, общепринят и будет использоваться в данной статье в качестве рабочего.

Это определяет цели настоящего исследования, в котором предпринимается первая попытка оценить запасы штормовых выбросов Чупинской губы и сравнение их с таковыми открытой части Кандалакшского залива в районе о-ва Соностров.

Исследования финансировались Программой Приграничного Сотрудничества в рамках Европейского Инструмента Соседства и Партнерства «Карелия»; проект «Акварель» – «Использование водных ресурсов в энергетике».

Район исследования

Губа Чупа (рис. 1), самый крупный беломорский фьорд, имеет широтное простираение, причем устье ее обращено на восток. Входные мысы – Картеш ($66^{\circ}20'N$, $33^{\circ}40'E$) и Сухая скала ($66^{\circ}19'N$, $33^{\circ}40'E$). Длина губы составляет около 30 км, средняя ширина – около 1 км, в устьевой части – около 2 км. Общая протяженность береговой линии – 104 км, из них берега южной экспозиции – 47 км, северной – 57 км, что говорит о несколько большей изрезанности южного побережья.

Ложе Чупинской губы сформировано древним разломом. Средняя глубина водоема – около 20 м, но есть котловины, достигающие 70 м. В устьевой и кутовой частях имеются многочисленные острова. Самый большой остров – Олений, расположен в центральной части губы. Берега в основном скалистые, сложены гнейсо-гранитами весьма древнего происхождения. Породы мыса Картеш имеют по усредненным оценкам возраст около 3.6 млрд лет. Скальные породы, слагающие берега губы, несут следы интенсивного вулканизма приблизительно рифейского возраста и ледниковой эрозии времен Валдайского стадиала, синхронного Вюрмской стадии в Альпах. Тектоническое поднятие в настоящее время составляет около 4 мм в год. Берега лесистые или заболоченные. Пресный сток в губу невелик, в основном в нее поступают гуминовые воды. Есть две небольшие речки и несколько мелких ручьев, остальная часть стока представлена высачиванием почвенных вод, чаще всего болотного происхождения. Грунты литорали, особенно в самой мористой и кутовой частях, скальные. В центральной части преобладают валунные россыпи, часто с каменистыми барами, параллельными береговой линии. Местами встречаются небольшие песчаные пляжи. В кутах небольших загубин встречаются жидкие алевропелитовые осадки на глиняном ложе. В таких местах обычно наблюдается высокий уровень сульфат-редукции, что бывает хорошо заметно по отчетливому запаху сероводорода. Грунты зоны прибоя близки к литоральным. Глубже преобладают алевроитовые и алевопелитовые илы.

Геологическое строение района о-ва Соностров во многом сходно. Его главное отличие заключается в том, что в отличие от узкой и защищенной от сильного волнового воздействия

губы Чупы, он широко открыт в море (рис. 2) и подвержен заметному влиянию ветров северных и восточных румбов.

Материалы и методы

Работы проводились в июле – августе 2013 года. Места отбора проб см. на рис. 1 и 2. Координаты точек снимались GPS-навигатором Etrex в картографической системе WGS84 с точностью до 0.1'.

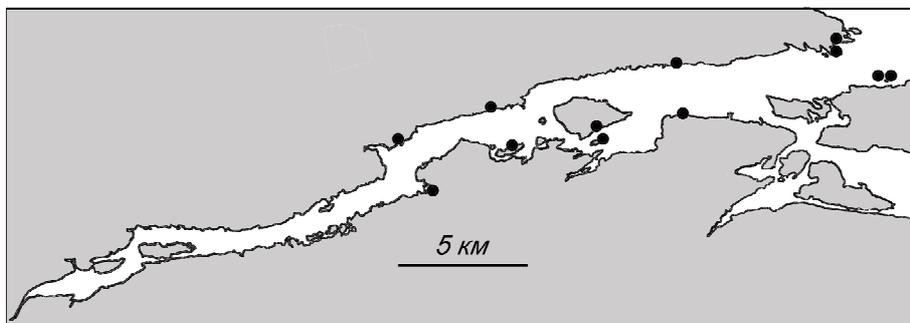


Рис. 1. Губа Чупа. Точками отмечены места пробоотбора. Картографическая основа: навигационная карта № 657 «Южная часть Кандалакшского залива» издания 1968 г. масштабom 1:100000

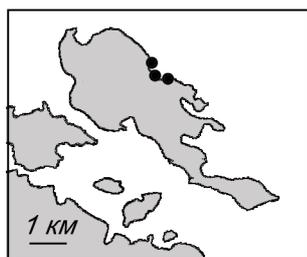


Рис. 2. Остров Соностров. Точками отмечены места пробоотбора. Картографическая основа: навигационная карта № 657 «Южная часть Кандалакшского залива» издания 1968 г. масштабom 1:100000

Пробы выбросов брались гидробиологической квадратной рамкой рабочей площадью 0.025 м². В каждой точке в зависимости от мощности вала брали от 1 до 3 повторностей. Во всех случаях измерялась ширина и протяженность вала выбросов с точностью до 10 см.

В лаборатории определялся флористический состав взятых проб, после чего они взвешивались с точностью до 10 г и высушивались до постоянного веса (измеренного с той же точностью) в сушильном шкафу при 60°C. Полученные данные были пересчитаны на погонный метр береговой линии по формуле

$$M = bm/0.025,$$

где M – масса органического материала на 1 м протяженности береговой линии, г; m – масса взятой пробы, г; b ширина вала выбросов, м.

Запасы органического вещества в штормовых выбросах оценивались по формуле:

$$R = kIM \times 10^{-6},$$

где R – запас, т; l – протяженность береговой линии, м; k – коэффициент.

Все данные обработаны методами линейной статистики. Нулевая гипотеза во всех случаях отвергалась на доверительном уровне $P_1 = 0.05$.

Результаты

Протяженность участков, где возможен штормовой выброс, в устьевой части губы Чупы между входными мысами и устьем р. Пулоньги составляет около 0.5 общей длины береговой линии, в кутовой части – около 0.3 (визуальная оценка). Эти значения использовались в качестве коэффициента k . Различия объясняются особенностями геологического строения берегов названных частей губы.

Средняя толщина слоя выбросов в Чупинской губе составляет 59 ± 8 мм, на мористом побережье о-ва Соностров – порядка 120 мм.

Сухая масса органического вещества выбросов в ясную погоду составляла 39.98 ± 2.54 % от влажной.

В составе выбросов в пределах губы Чупы преобладают фукоиды, представленные, в основном *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum*. Определить соотношение этих видов удается не всегда, так как во многих случаях степень разложения талломов бывает довольно значительна. Можно лишь утверждать, что первый из этих видов превалирует. Помимо фукоидов, в выбросах надежно идентифицируется красная водоросль *Ahnfeltia plicata* и зеленая нитчатая водоросль *Cladophora sericea*. Остальные формы представлены в весьма небольшом количестве и, как правило, не поддаются определению. В выбросах о-ва Соностров заметную роль играют ламинариевые водоросли, главным образом – *Saccharina latissima*, в то время как в Чупе ее место занимает *Cladophora sericea* (табл. 1). Средняя масса органического вещества выбросов приведена в табл. 2. Различия ее во всех случаях статистически не достоверны.

Таблица 1. Средний флористический состав штормовых выбросов на берегах губы Чупы и о. Соностров

Побережье	Доля водорослей, % от общей массы			
	Fucaceae	<i>Ahnfeltia plicata</i>	<i>Cladophora sericea</i>	Laminariaceae
Губа Чупа	76	7	16	1
о. Соностров	75	10	0	15

Таблица 2. Средняя масса органического вещества в выбросах, г на погонный метр

Место		Влажная масса	Сухая масса
Губа Чупа	Берег южной экспозиции	6390 ± 1845	2555 ± 737
	Берег северной экспозиции	8160 ± 1365	3262 ± 546
о. Соностров		9250 ± 1721	3698 ± 688

Важно отметить, что мощность вала напрямую зависит от характера геологического строения побережья. В местах выхода на дневную поверхность пород кристаллического

фундамента накопления выбросов не происходит, напротив участки, сложенные песками, и заиленные кутовые участки небольших загубин создают благоприятные условия для формирования вала выносимых на берег водорослей. Поскольку в кутовой части губы скалистые берега представлены чаще, чем во входной, запасы штормовых выбросов в ней заметно ниже.

Оценка запасов штормовых выбросов губы Чупы, с учетом длины северной и южной береговых линий и различий геологического строения берегов, приведена в табл. 3. Провести такую оценку для открытых частей Кандалакшского залива на имеющемся материале нет возможности, так как материал был собран всего в одной точке на мористой стороне о-ва Соностров. Оценка запасов в штормовых выбросах водорослей различной систематической принадлежности в губе Чупе приведена в табл. 4.

Таблица 3. Запасы органического вещества штормовых выбросов в губе Чупе; влажный вес, т

Побережье	Участок		Всего
	Входные мысы – устье реки Пулоньги	Устье реки Пулоньги – кут	
Северное	86	38	125
Южное	143	56	199
Итого			324

Таблица 4. Запасы водорослей различной систематической принадлежности в штормовых выбросах губы Чупы

Водоросль	Запас, т
Fucaceae	246
<i>Ahnfeltia plicata</i>	23
<i>Cladophora sericea</i>	52
Laminariaceae	3

Отмечено также, что на песчаных пляжах, где граница супралиторали обозначена куртинами колосняка *Leymus arenarius*, развивается достаточно мощный вал выбросов, в то время как на осушках, где встречаются заросли видов рода *Carex*, этого не наблюдается. Вероятно, это объясняется тем, более пологие берега оказываются в той или иной степени заболоченными, что способствует развитию приморского луга с преобладанием осок, способных выдерживать затопление водами прилива и поэтому спускающихся в область верхней литорали, препятствуя формированию штормового выброса.

Обсуждение

В литературе о Белом море формирование штормовых выбросов описано недостаточно, тем не менее, известно, что их основная часть бывает оформлена в три гряды, параллельные береговой линии [7]. Первый ряд в штилевую погоду дважды в сутки формируется приливной волной и дважды в сутки разрушается. Небольшое волнение сдвигает такой вал выше по уклону

литорали, где он сохраняется в течение более длительного времени. Более значительное волнение перемещает его еще выше. Здесь происходит формирование основного вала штормовых выбросов, который разрушается только во время сильных штормов [7].

В Кандалакшском заливе в штилевую погоду каждый прилив выносит на берег в среднем около 1000 г различных водорослей на каждый погонный метр побережья, а при волнении 3–5 баллов – до 4000 г. [3]. Какая часть этого материала сохраняется в стабильной полосе выбросов, не установлено.

На поверхности зеркала воды в Кандалакшском заливе обычно встречается 1231 ± 1176 г плавающих, оторванных от субстрата, водорослей на каждом квадратном километре [9]. Очевидно, что этого недостаточно для формирования вала выбросов, описанного А.В. Гришанковым и Е.А. Нинбургом (ор. cit.). Надо полагать, что он формируется материалом, дрейфующим вдоль побережья, который не может не быть учтен в процессе исследований с борта судна.

По неопубликованным данным авторов, хранящимся в базе данных «Бентос Белого моря», реализованной А.Д. Наумовым на алгоритмическом языке Clipper 5.0 и содержащей материал, собиравшийся на Беломорской биостанции ЗИН РАН с 1983 г. по настоящее время, в Кандалакшском заливе средняя биомасса *Fucus vesiculosus* на тех гидробиологических станциях, где он обнаружен, составляет 4.20 ± 0.58 кг/м², что хорошо согласуется со сведениями, приводимыми Е.В. Шошиной [10]: 4.16 ± 0.3 кг/м². С учетом мест, где эта водоросль не обнаружена, средняя биомасса ее в Кандалакшском заливе составляет по нашим данным 2.61 ± 0.39 кг/м², следовательно запас в губе Чупе (с учетом общей длины береговой линии и с приведением к одинаковой влажности) можно считать равным приблизительно 54 тыс. т. Отсюда следует, что общая масса выбросов составляет приблизительно 0.6 % от массы живых фукоидов. Это, возможно, может служить указанием на то, основная масса органического вещества выбросов образуется за счет отрыва ветровым волнением части талломов от ризоидов. Можно предполагать, что при этом основная часть оторванных талломов оказывается на берегу, и лишь незначительная их доля формирует свободно дрейфующие скопления водорослей, изученные В.В. Халаманом и В.Я. Бергером [9].

Такое предположение подтверждается присутствием в выбросах агараносной красной водоросли *Ahnfeltia plicata*, не обнаруженной в дрейфующих скоплениях [9].

Запасы штормовых выбросов на южном берегу губы Чупы оказались приблизительно на 37 % больше, чем на северном (табл. 3), в то время как северная береговая линия короче южной на 28 %. Из этого следует, что различная изрезанность берега объясняет не все различия массы выбросов на указанных побережьях.

Второй причиной могут оказаться преобладающие ветра. В зимнее время, когда практически вся водная поверхность губы закрыта сплошным ледовым покровом, штормовые выбросы не формируются. Летом на Белом море преобладают ветра северных и восточных румбов, что, с одной стороны, может вызывать повышенную степень повреждения талломов, а с другой – увеличивать интенсивность выброса дрейфующего материала на берегах северной экспозиции. Известно, что на открытых беломорских берегах, подверженных сильному штормовому воздействию, выбросы могут быть очень мощными [6].

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что наше исследование показало относительную бедность запасов штормовых выбросов губы Чула и о. Соностров. Не следует, однако, забывать, что оно носит предварительный характер и охватывает лишь незначительный участок беломорского побережья. Для более полного анализа ситуации необходимо исследование запасов выбросов в местах с другим рельефом местности и иной конфигурацией береговой линии. С точки зрения оценки запасов штормовых выбросов наиболее перспективными представляются Терский, Кандалакшский, Карельский и Поморский берега, есть все условия и для обильного развития макрофитов и аккумуляции выброшенного на берег материала. В вышеуказанных районах было бы крайне желательно провести соответствующие работы.

Заключение

Промысел прибрежных фукоидов затруднен тем, что они произрастают в основном на валунных россыпях нижних отделов осушной полосы, где:

- работы могут проводиться лишь по малой воде всего несколько часов в день;
- невозможно применять механические методы сбора;
- крайне сложно соблюдать правила техники безопасности.

Традиционные способы заготовки сублиторальных водорослей приводят к разрушению донных сообществ [2], являющихся кормовой базой для многих промысловых видов [1], и снижению обилия и запасов самих макрофитов [2, 4].

Сбор штормовых выбросов может быть рекомендован как шадящий промысел на стабильно восполнимом запасе. Сбор и сдача выбросов на заготовительные пункты могут способствовать росту занятости поморского населения и устойчивому развитию Поморья.

Список литературы

1. Бергер В.Я. Продукционный потенциал Белого моря. – СПб., 2007. – 292 с.
- Тарасова В.И. Политическая история Латинской Америки: учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Проспект, 2006. – С. 305-412.
2. Возжинская В.Б. Донные макрофиты Белого моря. – М.: Наука, 1986. – 192 с.
3. Гришанков А.В., Нинбург Е.А. Общая характеристика супралиторали / В.Я. Бергер (ред.) // Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. Ч. 1. – СПб., 1995. – С. 193-197.
4. Житный Б.Г. Биологические ресурсы Белого моря и их промысловое использование. – Петрозаводск, 2007. – 270 с.
5. Наумов А.Д. Двустворчатые моллюски Белого моря. Опыт эколого-фаунистического анализа. – СПб., 2006. – 367 с.
- Корнилов В.И. Турбулентный пограничный слой на теле вращения при периодическом вдуве / отсосе // Теплофизика и аэромеханика. – 2006. – Т. 13. – № 3. – С. 369-385.
6. Наумов А.Д. Аномальный выброс морских звезд в Двинском заливе весной 1990 г. (По документам из архива Беломорской Биологической станции). – СПб., 2011. – 414 с.
7. Наумов А.Д., Федяков В.В. Вечно живое Белое море. – СПб.: Изд. СПбГДТУ, 1993. – 336 с.
8. Соколова М.Н. Условия существования и биоценотические связи массовых видов беспозвоночных эпифауны литорали Кандалакшского залива Белого моря // Тр. Канд. Гос. Заповедника. – 1963. – Т. 2. – № 4. – С. 460-469.
9. Халаман В.В., Бергер В.Я. Плавающие водоросли и ассоциированная с ними фауна в Белом море // Океанология. – 2006. – Т. 46. – № 6. – С. 878-884.
10. Шошина Е.В. / Бергер В. Я. (ред.). Макрофиты. Биологические ресурсы Белого моря: изучение и использование. Исследования фауны морей. – 2012. – Т. 69. – № 77. – С. 132-149.

Рецензенты:

Бергер В.Я., д.б.н., профессор, главный научный сотрудник, Зоологический институт, г. Санкт-Петербург.

Громцев А.Н., д.с.-х.н., доцент, заведующий лабораторией ландшафтной экологии и охраны лесных экосистем, Институт леса КарНЦ РАН, г. Петрозаводск.