

УДК 577.3:615.838.7:547.992(262.5)

А. Н. Солоненко

**СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И
ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПЕЛОИДОВ
ГИПЕРГАЛИННЫХ ВОДОЕМОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО
ПОБЕРЕЖЬЯ АЗОВСКОГО МОРЯ (УКРАИНА)**

Изучены состав гумусовых веществ и ферментативная активность пелоидов гипергалинных водоемов северо-западного побережья Азовского моря. Установлено, что исследованные пелоиды характеризуются низким содержанием гумуса (0,53—1,54%), гуминовых кислот (0,18—1,39%) и гумина (1,06—2,72%), очень низкой и низкой активностью ферментов, за исключением инвертазы, активность которой была средней.

Ключевые слова: гипергалинные водоемы, пелоиды, гумус, ферментативная активность.

В гипергалинных водоемах северо-западного побережья Азовского моря формируются бентосные макроскопические разрастания водорослей. Они являются продуцирующим ядром этих водоемов и под ними образуются пелоиды, которые согласно общепринятой классификации относятся к приморским сульфидным пелоидам [1].

Состав органических веществ и ферментативная активность иловых сульфидных пелоидов под разными разрастаниями водорослей изучены недостаточно. Поэтому цель исследования — установление состава органических веществ и изучение ферментативной активности пелоидов гипергалинных водоемов северо-западного побережья Азовского моря.

Материал и методика исследований. Полевые исследования проводились в 2009—2013 гг. в гипергалинных водоемах северо-западного побережья Азовского моря, расположенных на территориях Белосарайской косы, Бердянской косы, Степановской косы, косы Арабатская стрелка, в пойменно-устьевых зонах рек Берды, Обиточной, Корсак, Домузла, на левом берегу Молочного лимана и на территории центрального Сиваша.

Образцы пелоидов отбирали трубчатым пробоотборником с глубины 0—10 см в трехкратной повторности. Для повышения достоверности результатов исследовали пробные площадки размером 50×50 м, на которых в виде конверта располагали по пять точек отбора.

© А. Н. Солоненко, 2015

Анализы проводили в лаборатории альгоэкологических исследований наземных и водных экосистем Мелитопольского государственного педагогического университета. Результаты обрабатывали статистически, уровень значимости составлял 95%.

Определение гумуса проводили по методу Никитина с колориметрическим окончанием по Орлову — Гридель [2]. Гумусовые кислоты из пелоидов выделяли по методике [3]. Элюирование фульвокислот из активированного угля проводили согласно [4], содержания гумусовых кислот в пелоидах находили спектрофотометрическим методом, применяемым в почвенных исследованиях [5]. Ферментативную активность устанавливали по схемам и методикам, описанным в литературе [2] в трехкратной повторности и оценивали по шкале Звягинцева [1].

Результаты исследований и их обсуждение

Установлено, что наиболее распространенными доминантами макроскопических бентосных разрастаний в исследованных гипергалинных водоемах были зеленые водоросли *Cladophora siwaschensis* С. Meyer и синезеленые *Lyngbya aestuarii* (Mertens) Liebmann. Значительно реже встречались диатомовые водоросли *Cocconeis placentula* Ehrenberg и *Nitzschia sigmoidea* (Ehr.) W. Sm. (табл. 1).

Наиболее высоким содержанием гумуса характеризовались пелоиды из Бердянской косы, наименьшим — пелоиды из Арабатской стрелки и у с. Строгановка.

Содержание алифатических структур в гумусе пелоидов неодинаково, о чем свидетельствует разное количество углерода в нем: на Бердянской, Белосарайской и Обиточной косах, в окрестностях с. Сальково и на левом берегу Молочного лимана этот показатель в 1,5—2,5 раза выше, чем в окрестностях сел Строгановка, Атамань, Чонгар и на Арабатской стрелке (см. табл. 1).

Доля гуминовых кислот изменялась от минимальной (0,18%) на Белосарайской косе до максимальной (1,39%) на побережье Сиваша в окрестностях с. Чонгар. По содержанию гуминовых кислот пелоиды гипергалинных водоемов Арабатской стрелки, левого берега Молочного лимана, побережья Азовского моря (окрестности с. Строгановка), побережья Сиваша (окрестности сел Чонгар и Атамань) близки к пелоидам Тамбуканского озера (г. Пятигорск, РФ) и Чокракского озера (г. Керчь, Украина) [6, 7]. В то же время содержание фульвокислот и гумина (неразложившегося остатка) в пелоидах всех исследованных водоемов (за исключением пелоидов Обиточной косы) значительно выше, чем в Тамбуканском и Чокракском озерах (соответственно 0,20 и 0,30%) [7].

Ферментативная активность пелоидов исследованных гипергалинных водоемов различна (табл. 2). По интенсивности окислительно-восстановительных процессов пелоиды водоемов северо-западного побережья Азовского моря близки, поскольку активность каталазы практически одинакова (от

1. Состав гумусовых веществ пеллоидов северо-западного побережья Азовского моря

Районы исследований	Общее содержание гумуса в сухой массе, %	Общее содержание углеводов в сухой массе, %	Содержание гуминовых кислот		Содержание фульвокислот		Содержание нерастворившегося остатка		Доминанты бентосного макрофитического разрастания водорослей
			% сухого вещества	% общего содержания	% сухого вещества	% общего содержания	% сухого вещества	% общего содержания	
Бердянская коса	1,54 ± 0,02	0,89 ± 0,03	0,63 ± 0,02	24,8 ± 0,5	0,66 ± 0,02	26,6 ± 0,3	1,20 ± 0,03	48,6 ± 0,4	<i>Cladophora siwaschienstis</i>
Арабатская стрелка	0,66 ± 0,05	0,38 ± 0,02	1,04 ± 0,04	32,9 ± 0,8	0,55 ± 0,03	17,3 ± 0,2	1,55 ± 0,04	49,8 ± 0,3	<i>Lyngbya aestuarii</i>
Белосарайская коса	1,42 ± 0,06	0,82 ± 0,03	0,18 ± 0,01	19,7 ± 0,7	0,46 ± 0,02	29,9 ± 0,4	1,13 ± 0,03	47,6 ± 0,4	То же
Обиточная коса	1,40 ± 0,04	0,81 ± 0,04	0,79 ± 0,03	36,8 ± 0,8	0,29 ± 0,01	13,4 ± 0,1	1,06 ± 0,01	49,8 ± 0,4	" —
Левый берег Молочного лимана	1,39 ± 0,08	0,81 ± 0,03	1,30 ± 0,04	28,9 ± 0,5	0,53 ± 0,03	12,0 ± 0,1	2,66 ± 0,05	59,2 ± 0,5	" —
Побережье Азовского моря, окрестности с. Строгановка	0,53 ± 0,07	0,31 ± 0,01	1,14 ± 0,04	25,7 ± 0,4	0,67 ± 0,04	15,2 ± 0,2	2,63 ± 0,04	59,2 ± 0,4	" —
Урочище Тубалского лимана, окрестности с. Новокостантинівка	1,10 ± 0,05	0,63 ± 0,02	0,96 ± 0,03	25,2 ± 0,9	1,02 ± 0,04	27,2 ± 0,3	1,80 ± 0,03	47,6 ± 0,3	" —

Продолжение табл. 1

Районы исследований	Общее содержание гумуса в сухой массе, %	Общее содержание углерода в сухой массе, %	Содержание гуминовых кислот		Содержание фульвокислот		Содержание неразложившегося остатка		Доминанты бентосного макроскопического разрастания водорослей
			% сухого вещества	% общего содержания	% сухого вещества	% общего содержания	% сухого вещества	% общего содержания	
Побережье Сиваша, окрестности с. Сальково	1,48 ± 0,06	0,85 ± 0,03	0,50 ± 0,02	26,7 ± 0,9	1,09 ± 0,04	32,4 ± 0,5	1,20 ± 0,03	47,6 ± 0,3	<i>Cocconeis placentula</i>
Побережье Сиваша, окрестности с. Чонгар	0,86 ± 0,03	0,49 ± 0,02	1,39 ± 0,04	30,1 ± 1,0	0,50 ± 0,02	10,7 ± 0,2	2,72 ± 0,04	59,2 ± 0,4	<i>Nitzschia sigmaidea</i>
Побережье Сиваша, окрестности с. Атамань	0,74 ± 0,03	0,43 ± 0,01	1,06 ± 0,03	30,4 ± 1,0	0,71 ± 0,03	21,1 ± 0,3	1,83 ± 0,03	48,5 ± 0,3	<i>Cladophora siwaschensis</i>

2. Ферментативная активность пеллоидов северо-западного побережья Азовского моря

Районы исследований	Катализа, см ³ O ₂ / г почвы за 1 мин	Инвертаза, мг глюкозы/1 г почвы	Уреаза, мг аммиака/1 г почвы за 24 ч	Фосфатаза, мг P ₂ O ₅ /10 г почвы за 1 ч	Дегидрогеназа, мг формазана/10 г почвы за 24 ч	Пероксидаза, мг пурпургалина/1г почвы за 24 ч	Доминанты бентосного макроскопического разрастания водорослей
Бердянская коса	1,74 ± 0,06	21,3 ± 0,6	1,48 ± 0,05	0,69 ± 0,03	1,01 ± 0,04	4,29 ± 0,06	<i>Cladophora siwaschensis</i>
Арабатская стрелка	1,45 ± 0,04	20,2 ± 0,6	1,54 ± 0,05	0,63 ± 0,03	1,46 ± 0,05	4,07 ± 0,06	<i>Lyngbya aestuarii</i>
Белосарайская коса	1,92 ± 0,08	10,3 ± 0,3	2,23 ± 0,08	0,43 ± 0,02	1,61 ± 0,05	8,12 ± 0,08	То же

Продолжение табл. 2

Районы исследований	Каталаза, см ³ O ₂ / г почвы за 1 мин	Инвертаза, мг глюкозы/1 г почвы	Уреаза, мг аммиака/1 г почвы за 24 ч	Фосфатаза, мг P ₂ O ₅ /10 г почвы за 1 ч	Дегидрогеназа, мг формазана/10 г почвы за 24 ч	Пероксидаза, мг пурпургамина/1г почвы за 24 ч	Доминанты бентосного макроскопического разрастания водорослей
Обиточная коса	1,74 ± 0,06	22,4 ± 0,6	1,63 ± 0,06	1,42 ± 0,05	0,67 ± 0,03	3,84 ± 0,04	" —
Левый берег Молочного лимана	1,62 ± 0,05	17,6 ± 0,4	1,31 ± 0,04	0,89 ± 0,04	1,50 ± 0,05	7,19 ± 0,07	" —
Побережье Азовского моря, окрестности с. Строгановка	2,00 ± 0,08	23,7 ± 0,7	1,30 ± 0,04	0,97 ± 0,04	0,94 ± 0,04	4,62 ± 0,06	" —
Урочище Тубалского лимана, окрестности с. Новокостантинівка	1,96 ± 0,08	8,7 ± 0,2	0,48 ± 0,03	1,32 ± 0,05	1,07 ± 0,04	7,83 ± 0,07	" —
Побережье Сиваша, окрестности с. Сальково	1,81 ± 0,07	11,1 ± 0,3	2,07 ± 0,07	0,81 ± 0,04	1,65 ± 0,05	7,60 ± 0,07	<i>Cocconeis placentula</i>
Побережье Сиваша, окрестности с. Чонгар	1,87 ± 0,08	9,9 ± 0,3	2,63 ± 0,08	1,39 ± 0,05	1,48 ± 0,05	8,06 ± 0,08	<i>Nitzschia sigmaidea</i>
Побережье Сиваша, окрестности с. Атамань	1,85 ± 0,08	21,1 ± 0,6	1,21 ± 0,04	0,76 ± 0,03	0,88 ± 0,03	4,43 ± 0,06	<i>Cladophora siwajschensis</i>

1,45 до 2,00 см³ O₂ /г за 1 мин. По шкале Д. Г. Звягинцева все исследованные пелоиды характеризуются низкой активностью каталазы [8], что, очевидно, связано с относительно малым содержанием гумуса.

Наиболее высокая активность инвертазы отмечена в пелоидах из водоемов в окрестности сел Строгановка и Атамань, в устьевой части р. Корсак и на Арабатской стрелке, наименьшая — в окрестности сел Чонгар и Ново-константиновка (см. табл. 2).

Активность уреазы варьировала от средней до слабой, максимальная обнаружена в пелоидах из водоемов в окрестности сел Чонгар и Сальково и на Белосарайской косе. Минимальные значения установлены в окрестности с. Ново-константиновка, что, вероятно, связано с нарушением биохимической активности групп микроорганизмов, участвующих в минерализации азотсодержащих соединений.

Активность фосфатазы изменялась от 0,43 (Белосарайская коса) до 1,42 мг P₂O₅ /10 г почвы за 1 ч (Обиточная коса). Активность дегидрогеназы была противоположной: максимальная проявилась в пелоидах Белосарайской косы и в окрестности с. Сальково, а минимальная — Обиточной косы. Таким образом, отмечен определенный «антагонизм» этих ферментов.

В пелоидах, отобранных вблизи с. Чонгар и на Белосарайской косе происходят, по-видимому, более интенсивные окислительно-восстановительные процессы, о чем свидетельствует более высокая активность пероксидазы. Кроме того, также отмечен «антагонизм» фосфатазы и пероксидазы.

Заключение

Таким образом, пелоиды гипергалинных водоемов северо-западного побережья Азовского моря характеризуются низким содержанием гумуса (0,53—1,54%), гуминовых кислот (0,18—1,39%) и гумина (1,06—2,72%); очень низкой и низкой активностью ферментов, за исключением инвертазы, активность которой была средней.

**

Вивчено склад гумусових речовин і ферментативну активність пелоїдів гіпергалінних водойм північно-західного узбережжя Азовського моря. Встановлено, що досліджені пелоїди характеризуються низьким вмістом гумусу (0,53—1,54%), гумінових кислот (0,18—1,39%) і гуміну (1,06—2,72%); дуже низькою і низькою активністю ферментів, за винятком інвертази, активність якої була середньою.

**

The composition of humic substances and enzymatic activity of peloids of hyperhaline ponds of the north-west coast of the Sea of Azov were studied. It was found that investigated peloids are characterized by low content of humus (0,53—1,54%), humic acids (0,18—1,39%) and humin (1,06—2,72%), very low and low enzymatic activity, except invertase (moderate activity).

**

1. *Звягинцев Д.Г.* Методы почвенной микробиологии и биохимии. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. — 302 с.
2. *Косьянова З.Ф.* Химическая характеристика и биологическая активность гумусовых кислот некоторых лечебных грязей: Дис. ... канд. биол. наук. — Пятигорск, 1985. — 161 с.
3. *Орлов Д.С.* Химия почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. — 376 с.
4. *Орлов Д.С., Гришина Л.А.* Практикум по химии гумуса. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. — 271 с.
5. *Практикум по агрохимии.* — М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 2001. — 689 с.
6. *Солоненко А.Н.* Характеристика гуминовых веществ в пелоидах засоленных амфибиальных участков Азово-Черноморского бассейна // Грунтознавство. — 2011. — Т. 12, № 1—2. — С. 92—94.
7. *Солоненко А.М.* Фізико-хімічні особливості пелоїдів амфібіальних ділянок Арабатської стрілки та Бердянської коси // Доп. НАН України. — 2012. — № 1. — С. 171—173.
8. *Юхнин А.А., Орлов Д.С.* Фракционирование фульвокислот на угле // Науч. докл. высш. шк. Биол. науки. — 1972. — № 5. — С. 138—141.

Мелитопольский педагогический университет

Поступила 15.05.15