

УДК 504.61:627.2:[662.6:552.74]:551.463.8(265.54)

*А.А. Лебедев**, *О.А. Тихонова**, *Я.Ю. Блиновская**, *В.В. Чайка**,
*А.В. Кирьянов**, *Н.К. Христофорова**, *К.С. Пикула**,
*В.П. Шевченко***, *К.С. Голохваст**

ВЛИЯНИЕ УГОЛЬНОГО ТЕРМИНАЛА НА СОСТАВ МОРСКИХ ВЗВЕСЕЙ ЗАЛИВА НАХОДКА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

* Дальневосточный федеральный университет, blinovskaya@hotmail.com;

** Институт океанологии им. П.П. Ширшова

A.A. Lebedev, O.A. Tikhonova, Ya. Yu. Blinovskaya, V.V. Chaika,
A.V. Kirianov, N.K. Khristophorova, K.S. Pikula, V.P. Shevchenko,
K.S. Golokhvast

COAL TERMINAL IMPACT ON MARINE SUSPENTION COMPOSITION: NAKHODKA GULF (JAPAN SEA)

В статье приводятся первые результаты исследования размерного состава морских взвесей в заливе Находка (Японское море) с помощью лазерной гранулометрии и масс-спектрометрии высокого разрешения. Показано, что среднеарифметический диаметр частиц взвеси залива Находка находился в интервале от 2,44 до 925,67 мкм. Качественный анализ частиц морской взвеси показал наличие частиц угля. Стоит отметить, что доля угольных частиц в воде залива Находка составляет от 7 % (вдали от терминала) до 53 % (ближайшая к терминалу точка). Нарастание доли угольных частиц в дальнейшем может привести к гибели морской биоты. Сделан вывод о необходимости усиления контроля за выполнением природоохранных мероприятий предприятиями угольной отрасли.

Ключевые слова: залив Находка, Японское море, морские взвеси, угольная пыль, загрязнение.

The first results of marine suspension dimensional composition in Nakhodka gulf (Japan sea) are adduce made with lazer grading and high resolution mass-spectrometry. It's shows up that midi-arithmetical marine suspension particles diameter is in an interval from 2,44 to 925,67 mkm. Quality analysis of marine suspension shows coal particle. Share of coal particles amount from 7 % (far from terminal) to 53 % (closest point from terminal). Accrual of coal particles in the future can become reason of marine biota death. The inference has been made about necessity to increase control of environmental safety measures on coal terminal.

Keywords: Nakhodka gulf, Japan Sea, marine suspension, coal dust, pollution.

Введение

Экологическое состояние акватории Японского моря изучается достаточно активно [1, 3, 4]. Выделяется залив Находка как место расположения крупного угольного терминала – порте Восточный, грузооборот которого в 2014 г. составил 21,84 млн т. Как показали результаты исследований [5–8], отмечается негативное влияние угольных терминалов на морскую акваторию.

Несмотря на важное экономическое значение угольного терминала, а в случае города Находка и поселка Врангель это одно из крупнейших градообразующих предприятий, необходимо оценить его влияние на качество морской среды.

Данная работа посвящена исследованиям гранулометрического и вещественного состава взвесей морской акватории вблизи угольного терминала порта Восточный в заливе Находка.

Методика отбора проб и анализа

Отбор проб проводился в мае (1-й отбор), августе (2-й отбор) и октябре (3-й отбор) 2014 г. Всего было отобрано 66 проб из 11 точек. Отбор проб осуществлялся в юго-восточной части залива Находка (бухты Врангеля и Козьмина) с помощью батометра (рис. 1). Полученный материал помещался в 1,5-литровые пластиковые стерильные контейнеры. Пробы отбирались в штиль, температура морской воды составляла от +20 до +23 °С.

Для оценки проб использован комплексный метод исследования частиц морской взвеси, включающий в себя лазерную гранулометрию, сканирующую электронную микроскопию с энергодисперсионным анализом.

Исследования проводились с использованием оборудования ЦКП «Межведомственный центр аналитического контроля состояния окружающей среды» ДВФУ.

Для лазерной гранулометрии из каждого образца проб набирали 60 мл жидкости и анализировали на лазерном анализаторе частиц Analysette 22 NanoTec (Fritsch, Germany), позволяющем в ходе одного измерения устанавливать распределение

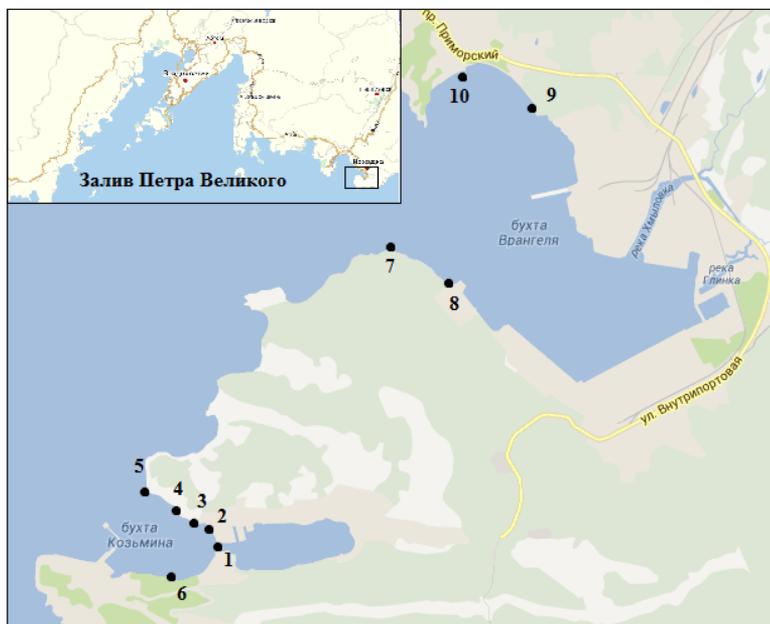


Рис. 1. Карта-схема отбора проб в юго-восточной части залива Находка: 1 – канал в озеро Второе; 2 – кут Козьмино; 3 – кекуры Бакланьи; 4 – скалы напротив терминала; 5 – навигационный знак; 6 – бухта Врангеля, строящийся пирс; 7 – мыс Петровского; 8 – рифы п/д угольным пирсом; 9 – пирс гидрографии; 10 – мыс Красный

частиц по размерам, а также определять их форму и ряд морфометрических параметров. Измерения проводились в режиме «panotec» с установками «carbon/water 20 °C».

Вещественный анализ взвесей проводили на световом микроскопе SMZ1000 (Nikon, Japan) и сканирующем электронном микроскопе S-3400N (Hitachi, Japan) с энергодисперсионным спектрометром Ultra Dry (Thermo Scientific, USA).

Результаты и их обсуждение

Электронная микроскопия позволила оценить фракционный состав морских взвесей (табл. 1). Анализ полученных данных показал, что достоверные сезонные различия в размере и фракционном составе взвесей не установлены. В ряде точек отбора встречены частицы размером в единицы микрометра (рис. 2).

В этих же районах при втором и третьем отборах (в августе и октябре соответственно) среднеарифметический размер частиц менялся в пределах порядков.

Качественный состав частиц проведен методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на приборе ELEMENT XR. Результаты анализа приведены в табл. 2, многократных превышений содержания тяжелых металлов в водорастворимой фазе не выявлено.

Следует отметить, что анализ проб донного грунта дает иной результат, поскольку было выявлено повышенное содержание частиц угля в морской воде, которые могут легко сорбировать на своей поверхности многие тяжелые и редкоземельные металлы (рис. 3). Содержание угольных частиц в отобранных материалах оценено по их доле среди общего числа частиц (табл. 3). Как показали результаты анализа проб, в точках, прилежащих к угольному терминалу, доля угольных частиц в морской воде оказалась выше, что связано с непосредственным рассеиванием угольной пыли в акватории.

Выводы

Увеличение техногенного воздействия характерно для акваторий юга Приморского края, включая залив Находка, что, безусловно, оказывает влияние на состояние экосистем данного района. Неоспоримым является факт, что активизация перевалки угля через порты, особенно неспециализированные, приводит к существенному ухудшению качества окружающей среды. Для определения качественных и количественных показателей воздействия впервые был проведен отбор проб морской воды в целях определения состава взвесей в районах деятельности угольных терминалов. Результаты пробоотбора показали, что в составе взвесей присутствуют силикаты, алюмосиликаты, органический детрит (диатомовые, таллом водорослей), уголь, моноциты и неопределяемые агрегаты. Доля угольных частиц в акватории исследуемого района составляет от 7 (вдали от терминала) до 53 % (ближайшая к терминалу точка). Это неблагоприятный прогностический признак, который в дальнейшем может оказать влияние на развитие фитопланктона, основных фильтраторов (моллюсков) и мальков рыб. Таким образом, для предотвращения необратимых изменений акватории необходимыми условиями являются разработка программы мониторинга и усиление контроля за выполнением природоохранных мероприятий предприятиями-загрязнителями в данном районе.

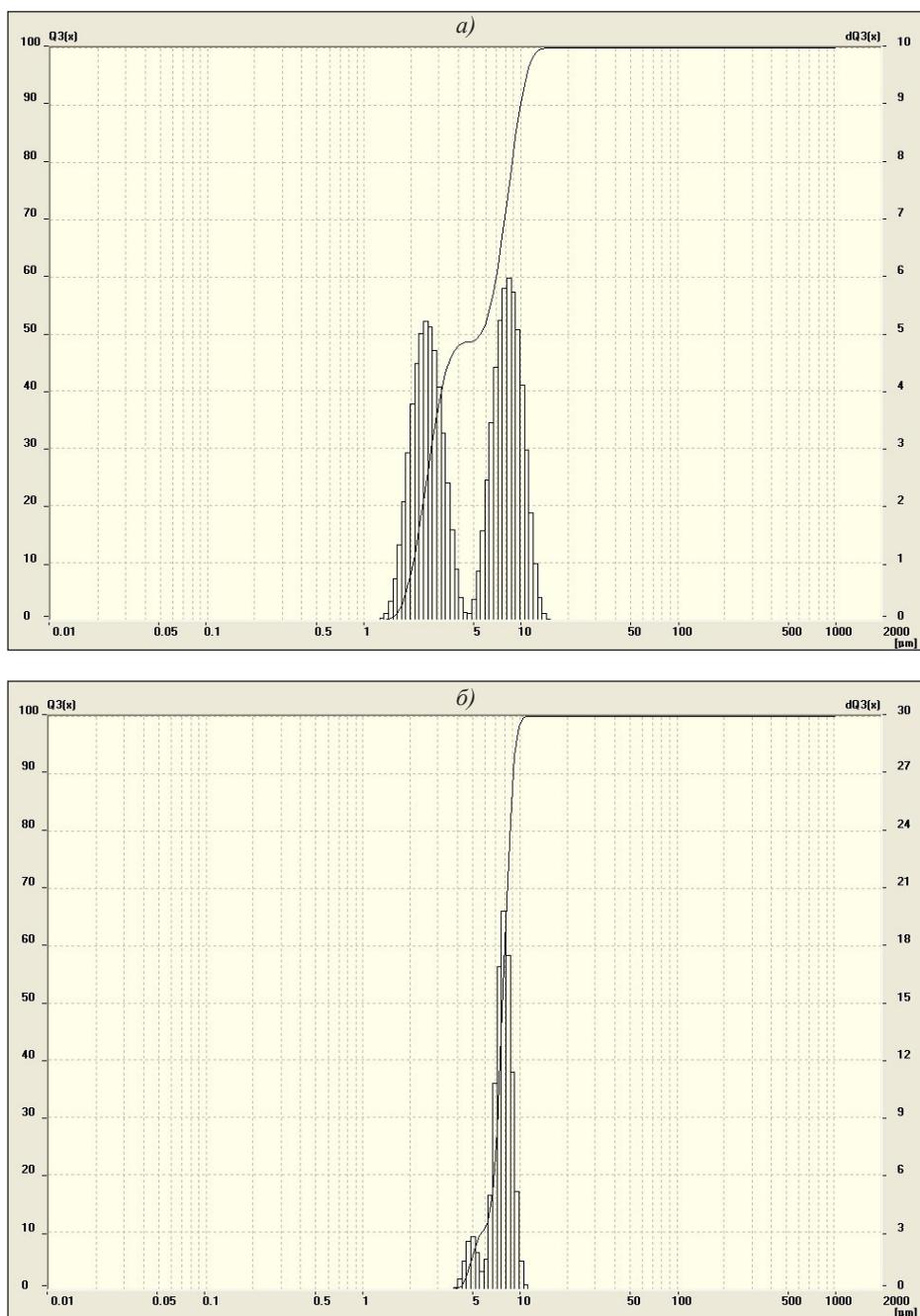


Рис. 2. Размеры частиц морских взвесей (ось абсцисс) и их доля в % (ось ординат) из точки: а – 4 мая; б – 5 мая

Таблица 1

Морфометрические параметры частиц взвеси в различных районах

Пункт	Средний арифметический диаметр, мкм			Модал, мкм			Медиана, мкм			Удельная площадь поверхности, см ² /см ³		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	604,81	52,9	11,63	1003,38	125,5	11,66	903,81	15,27	11,53	219,89	254023,3	5230,1
2	492,32	12,78	229,26	554	15,12	116,52	534,97	13,22	123,31	2807,52	21880,67	430,68
3	145,13	2,44	847,7	145,58	0,13	1003,38	142,4	0,19	963,13	434,33	576982,6	146,13
4	5,57	922,41	789,67	8,35	1003,38	1003,38	5,53	969,86	860,98	15789,3	437,6	161,98
5	7,64	88,55	11,56	7,75	86,58	11,66	7,62	85,46	11,51	8124,97	756,67	5237,31
6	33,78	896,47	20,97	34,28	718,4	11,66	34,96	709,47	14,46	4191,8	7256,7	3986,38
7	925,67	4,98	389,29	1003,38	11,66	666,99	967,96	0,35	262,83	120,49	191100,8	552,97
8	5,38	123,87	293,58	5,35	125,5	396,65	5,39	123	395,38	12465,1	492,02	1433,1
9	351,43	0,68	13,78	354,85	0,12	14,04	357,48	0,13	13,74	206,26	803187,81	4400,71
10	658,7	256,79	35,41	1003,38	427,22	11,66	802,87	392,29	15,38	113,2	1315,49	3124,24

Таблица 2

Элементный состав морской воды в различных районах (мкг/дм³)

№	Al ²⁷	Cr ⁵²	Fe ⁵⁶	Ni ⁶⁰	Cu ⁶³	Zn ⁶⁶	Cd ¹¹¹	Ba ¹³⁷	Pb ²⁰⁷
1	0,02 ± 0,54	0,10 ± 0,03	0,95 ± 0,28	0,68 ± 0,2	0,41 ± 0,12	2,1 ± 0,63	0,03 ± 0,01	4,32 ± 1,29	0,29 ± 0,08
2	1,21 ± 0,36	0,10 ± 0,03	1,02 ± 0,3	1,03 ± 0,31	0,45 ± 0,13	2,17 ± 0,65	0,06 ± 0,02	4,81 ± 1,44	0,13 ± 0,03
3	1,55 ± 0,46	0,12 ± 0,03	0,94 ± 0,28	1,1 ± 0,33	0,35 ± 0,1	1,71 ± 0,51	0,07 ± 0,02	4,92 ± 1,47	0,07 ± 0,02
4	1,10 ± 0,33	0,08 ± 0,02	1,01 ± 0,3	1,1 ± 0,33	0,35 ± 0,1	1,57 ± 0,47	0,06 ± 0,01	4,85 ± 1,45	0,08 ± 0,02
5	1,02 ± 0,3	0,1 ± 0,03	0,96 ± 0,28	0,8 ± 0,24	0,4 ± 0,12	1,96 ± 0,58	0,13 ± 0,04	5,14 ± 1,54	0,04 ± 0,01
6	1,17 ± 0,35	0,09 ± 0,02	1,01 ± 0,3	0,74 ± 0,22	0,41 ± 0,12	2,54 ± 0,76	0,13 ± 0,04	5,34 ± 1,6	0,12 ± 0,03
7	3 ± 0,9	0,12 ± 0,03	1,34 ± 0,4	0,84 ± 0,25	0,46 ± 0,14	2,35 ± 0,7	0,18 ± 0,05	5,52 ± 1,65	0,28 ± 0,08
8	0,93 ± 0,27	0,08 ± 0,02	0,16 ± 0,04	1,01 ± 0,30	0,57 ± 0,17	2,34 ± 0,7	0,28 ± 0,08	4,91 ± 1,47	0,11 ± 0,03
9	0,99 ± 0,29	0,11 ± 0,03	0,85 ± 0,25	0,71 ± 0,21	0,45 ± 0,13	1,77 ± 0,53	0,36 ± 0,1	5,21 ± 1,56	0,08 ± 0,02
10	1,06 ± 0,31	0,09 ± 0,02	0,81 ± 0,24	0,71 ± 0,21	0,4 ± 0,12	1,78 ± 0,53	0,3 ± 0,09	5 ± 1,5	0,12 ± 0,03

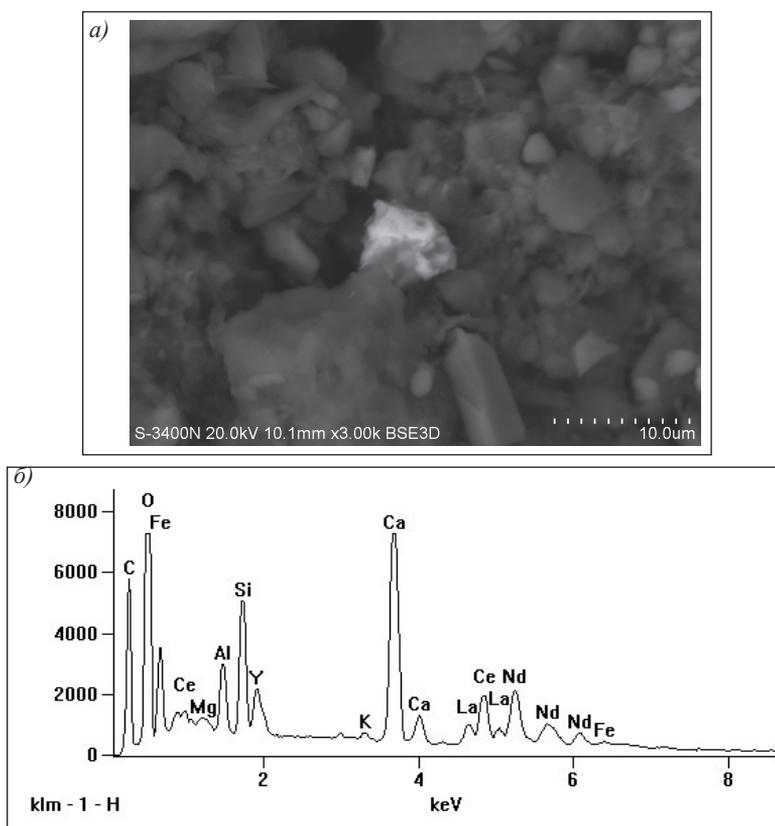


Рис. 3. Элементы морских взвесей в пробах у угольного терминала: *a* – силикат редкоземельных элементов (Y, La, Nd, Ce) среди угольных и силикатных частиц; *б* – сканирующая электронная микроскопия в режиме отраженных вторичных электронов (измерительный отрезок 10 мкм)

Таблица 3

Доля угольных частиц в разных местах отбора

Номер точки отбора проб	Встречаемость угольных частиц, шт/100
1	13±2
2	10±1
3	12±2
4	21±10
5	17±5
6	13±1
7*	34±11
8*	53±8
9	8±1
10	7±1

* Пункты, прилегающие к угольному терминалу.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для молодых докторов наук МД-7737.2016.5.

Литература

1. Журавель Е.В., Маркина Ж.В., Подгурская О.В. Оценка загрязнения поверхностных вод залива Находка методом биотестирования // Проблемы региональной экологии. 2009, № 2. – С. 117–122.
2. Оценка состояния вод залива Восток (залив Петра Великого, Японское море) по гидрохимическим и микробиологическим показателям / Е.В. Журавель, Н.К. Христофорова, О.А. Дроздовская, Т.Н. Токарчук // Изв. Самарского научн. центра РАН. 2012. Т. 14, № 1–9. – С. 2325–2329.
3. Федорец Ю.В. Исследования зоопланктона бухты Врангеля (залив Находка, Японское море) // Вестн. Моск. гос. обл. ун-та. Сер. Естественные науки. 2015, № 3. – С. 66–74.
4. Шулькин В.М. Металлы в экосистемах морских мелководий. – Владивосток: Дальнаука, 2004. – 279 с.
5. Ahrens M.J., Morrisey D.J. Biological effects of unburnt coal in the marine environment // Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, 2005, 43, 69–122.
6. Campbell P.M., Devlin R.H. Increased CYP1A1 and ribosomal protein L5 gene expression in a teleost: The response of juvenile chinook salmon to coal dust exposure // Aquatic Toxicology, 1997. Vol. 38, Issues 1–3. – P. 1–15.
7. Johnson R., Bustin R.M. Coal dust dispersal around a marine coal terminal (1977–1999), British Columbia: The fate of coal dust in the marine environment // International Journal of Coal Geology, 2006. № 68. – P. 57–69.
8. Hillaby B.A. The effects of coal dust on ventilation and oxygen consumption in the Dungeness crab (Cancer magister). Canadian Technical Report of fisheries and aquatic sciences № 1033.