

Астраханский вестник экологического образования, номер 4 (46), год: 2018,
страницы: 4 – 11.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=35370178>

УДК 504.06

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВЫДЕЛЕННЫХ РАЙОНОВ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Островская Елена Васильевна, Войнова Мария Владимировна

ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр»

kaspmniz@mail.ru

Северный Каспий; тяжелые металлы; донные отложения; районирование

В работе приводятся результаты исследований загрязненности тяжелыми металлами донных отложений российского сектора недропользования Каспийского моря. Помимо определения концентраций загрязняющих и органических веществ в работе был проведен гранулометрический анализ осадков, при этом исследование подтвердило зависимость распределения тяжелых металлов в донных отложениях от их фракционного состава. Установлено, что во всех зонах исследуемой акватории Северного Каспия накопление тяжелых металлов происходит в мелкодисперсных грунтах: на мелководье - богатых органическим веществом аллохтонного происхождения, в глубоководной зоне - органическим веществом автохтонного происхождения.

504.06

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN BOTTOM SEDIMENTS OF SELECTED AREAS OF THE NORTHERN CASPIAN SEA

Ostrovskaya Elena, Voynova Maria

FSBI «Caspian Marine Research Centre»

kaspmniz@mail.ru

North Caspian sea; heavy metals; bottom sediments; zoning

The paper presents the results of studies of heavy metal contamination of bottom sediments of the Russian sector of subsoil use of the Caspian sea. In addition to determining the concentrations of pollutants and organic substances in the work was carried out granulometric analysis of

precipitation, the study confirmed the dependence of the distribution of heavy metals in the bottom sediments of their fractional composition. It is established that in all zones of the studied water area of the Northern Caspian heavy metals accumulation occurs in fine soils: in shallow water - rich in organic matter of allochthonous origin, in the deep - water zone-organic matter of autochthonous origin.

Необходимым условием эффективности природоохранных мероприятий, проводимых нефтегазовыми компаниями для сохранения и защиты морских экосистем от негативных воздействий, является исследование процессов накопления в Северном Каспии тяжелых металлов (ТМ), которые занимают особое место среди загрязняющих веществ, так как не подвергаются химической и биологической деградации.

Основной целью этой работы было определение «горячих точек» – участков Северного Каспия с повышенным уровнем содержания в донных осадках загрязняющих веществ, в частности ТМ. Для этого было использовано районирование западной части Северного Каспия, проведенное А.А. Кураповым и Л.В. Дегтяревой [5], где на основе многолетних гидрологических и геохимических исследований этой части моря были выделены три характерные области, различающиеся как по глубине, так и по источникам поступления ЗВ в донные осадки: западную часть исследуемой акватории составляют зона I (глубины до 5 м), зона II (глубины от 5 до 8 м) и зона III (глубины свыше 8 м), западную часть исследуемой акватории составляют зона I (глубины до 4 м), зона II (глубины от 4 до 5 м) и зона III (глубины свыше 5 м).

Для определения содержания загрязняющих веществ в выделенных районах Северного Каспия использовались данные об их концентрациях в донных отложениях (ДО), полученные в 2012 г. в рамках «Программы мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря» Росгидромета. Помимо определения концентраций загрязняющих и органических веществ был проведен гранулометрический анализ осадков.

В западной части выделенных районов Северного Каспия наибольшее содержание меди в ДО отмечалось в зоне III (27,85 мг/кг), наименьшее – в зоне I (16,51 мг/кг). В восточной части наибольшее содержание меди находилось в зоне II (23,2 мг/кг), наименьшее также – в зоне I (17,54 мг/кг) (табл. 1). Анализ пространственного распределения меди в донных отложениях показал, что в целом концентрация меди имела равные значения, как в западном, так и в восточном районе, при этом незначительно повышаясь во II зоне исследуемой акватории (рис.1).

Таблица 1

Характерные величины содержания металлов в донных отложениях выделенных районов Северного Каспия (мг/кг)

Зоны Металлы	Западная часть						Восточная часть					
	зона I		зона II		зона III		зона I		зона II		зона III	
Медь	16,5	4,2-37	22,3	6,5-33,7	27,9	3,33-44,2	17,5	4,6-36	23,2	10,7-32,6	20,9	6,5-48,1
Цинк	43,8	7,1-79,2	49,9	13,2-113	45,2	6,6-166	28,6	8,2-59,2	37,1	7,2-73,2	37,8	7,1-83,7
Никель	23,1	2,8-63,5	28,9	9,6-54,15	26,4	7,5-48,8	18,0	5,9-41,2	23,2	9,6-48,5	23,8	7,65-49,5
Свинец	6,3	2,7-12,9	7,0	1,8-14,1	6,3	2,2-14,3	6,1	2,6-13,2	7,5	2-14,4	5,9	2,05-14,9
Кадмий	0,1	0,02-0,16	0,1	0,02-0,15	0,1	0,02-0,18	0,1	0,02-0,14	0,1	0,02-0,18	0,1	0,02-0,14
Ртуть	0	0,01-0,04	0	0,01-0,04	0	0,01-0,04	0	0,01-0,03	0	0,01-0,03	0	0,01-0,07
Марганец	132,4	25,4-361	155	44,8-309	141	46,8-276	89,4	48,1-236	165	63,4-256	121,5	44,5-245
*Железо (г/кг)	2896	2-13690	3932	2-15550	5144	2-28250	3064	2907423	3262	2-11840	3723	2-15420

Содержание цинка в ДО западной части исследуемой акватории было выше, чем в восточном районе, при этом отмечаются примерно одинаковые средние концентрации цинка во всех трех зонах. В восточной части наибольшее содержание цинка в ДО отмечалось в зоне III (37,8 мг/кг), наименьшее – в зоне I (28,6 мг/кг) (табл. 1).

Анализ пространственного распределения цинка в донных отложениях восточной части показал повышение содержания цинка от мелководья к зонам II и III, где они были примерно равными. В западной части выделенных районов содержание цинка было относительно равным (рис.1).

В западной части выделенных районов Северного Каспия содержание никеля в ДО было распределено равномерно, отмечается незначительный рост в зоне свала глубин, при этом средняя концентрация никеля во всех зонах была выше, чем в восточной части. В восточной части наибольшая средняя концентрация никеля находилась в зоне III (23,8 мг/кг), наименьшая – в зоне I (18,0 мг/кг) (табл. 1). Содержание никеля на всей исследуемой акватории незначительно повышалась от мелководья к свалу глубин, далее практически не изменялась (рис.1).

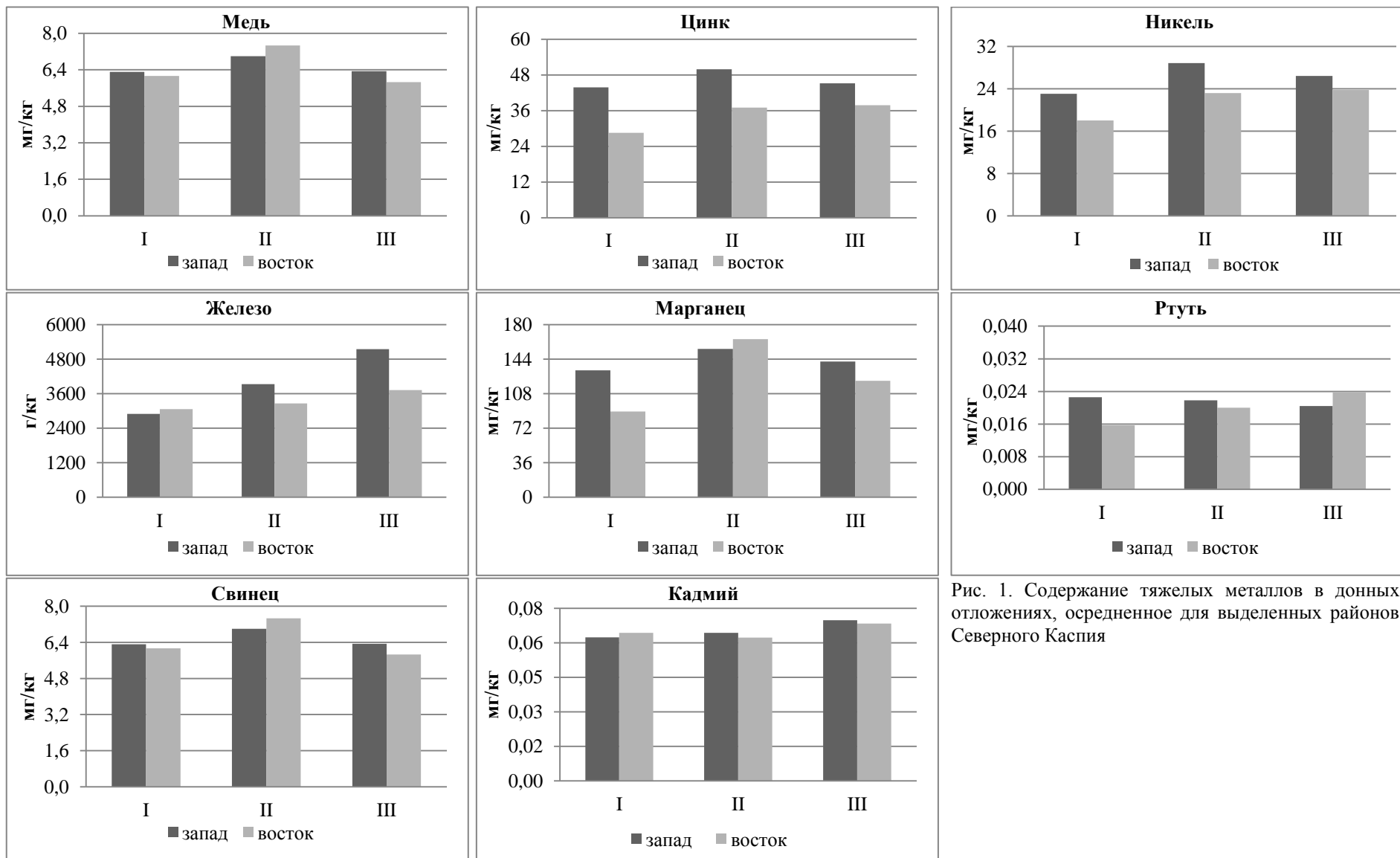


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях, осредненное для выделенных районов Северного Каспия

Наибольшее содержание железа в ДО западной части выделенных районов Северного Каспия отмечалось в зоне III (5144 г/кг), наименьшее – в зоне I (2869 г/кг). В восточной части наибольшее содержание железа находилось в зоне III (3723 г/кг), наименьшее также – в зоне I (3064 г/кг) (табл. 1). Содержание железа в ДО как в западной, так и в восточной частях исследуемой акватории увеличивалось с ростом глубин (рис. 1).

В западной части выделенных районов Северного Каспия наибольшее содержание марганца в ДО отмечалось в зоне II (154,7 мг/кг), наименьшее – в зоне I (132,4 мг/кг). В восточной части наибольшее содержание марганца также находилось в зоне II (164,9 мг/кг), наименьшее также – в зоне I (89,4 мг/кг) (табл. 1). Как показывает рис. 1, средняя концентрация марганца повышалась во II зоне исследуемой акватории, снижаясь к зоне III.

Как в западной, так и в восточной части выделенных районов Северного Каспия распределение средней концентрации свинца, кадмия и ртути в ДО было относительно равномерным (табл. 1, рис.1).

В табл. 2 приведены данные голландских и канадских нормативов качества [9; 13]. Поскольку в России пока не установлены стандарты качества донных отложений, для оценки степени загрязнения исследуемых осадков мы воспользовались зарубежными источниками.

Таблица 2

Оценка уровня загрязненности ДО западной части Северного Каспия тяжелыми металлами по критериям голландских и канадских нормативов качества

Металл, мкг/г	Критерии экологической оценки [13]		Канадские стандарты качества морских ДО [9]	
	Допустимый уровень	Уровень, требующий вмешательства	Допустимый уровень	Уровень вероятных негативных последствий
Ni	35	210	-	-
Cu	36	190	18,7	108
Zn	140	720	124	271
Pb	85	530	30,2	112
Cd	0,8	12	0,7	4,2
Hg	0,3	10	0,13	0,7

Сравнение данных таблиц 1 и 2 позволяет сделать вывод, что содержание тяжелых металлов в ДО не превышает критичные значения голландских и канадских нормативов качества, причем средние концентрации металлов в осадках присутствуют в количествах ниже зарубежных стандартов качества отложений.

Распределение тяжелых металлов в донных отложениях, как правило, зависит от их фракционного состава. В нашей работе, помимо корреляционного анализа распределения ТМ и гранулометрических фракций в донных отложениях, было проанализировано распределение органического вещества (ОВ) и углеводов (УВ) в осадках выделенных районов Северного Каспия, поскольку сорбция тяжелых металлов донными отложениями зависит и от содержания ОВ [6; 10; 11; 12; 15]. Анализ

пространственного распределения ОВ и УВ в донных отложениях Северного Каспия посвящена другая наша статья [7].

Также исследователями отмечается способность песчаных осадков увеличивать свою способность к поглощению ТМ при наличии в них нефтепродуктов, а алевритовых глин, наоборот, понижать [1; 4]. Песчаная фракция обладает гораздо более низкой способностью к поглощению ТМ, поэтому содержание в ней органической составляющей способствует увеличению сорбции ТМ [2].

Большинство исследователей отмечает увеличение концентрации металлов с уменьшением размера частиц отложений [3; 8]. Наши исследования данных по зоне I западной части исследуемой акватории показали наличие устойчивой отрицательной связи между содержанием в ДО ртути ($r = -0,49$), никеля ($r = -0,59$) и мелкодисперсным песком. При этом наблюдалась устойчивая положительная корреляция ртути ($r = 0,61$), никеля ($r = 0,74$) и марганца ($r = 0,49$) с пелитовыми фракциями. Содержание органического вещества в ДО имело устойчивую положительную корреляцию с концентрациями свинца ($r = 0,42$), ртути ($r = 0,70$), никеля ($r = 0,59$), марганца ($r = 0,44$), что говорит о поступлении данных металлов в осадки вместе с ОВ, имеющими аллохтонное происхождение.

В зоне II западной части исследуемой акватории наблюдались устойчивые положительные корреляции концентрации меди ($r = 0,45$) с содержанием в ДО органического вещества и концентрации железа ($r = 0,45$) с УВ в осадках.

В зоне III западной части исследуемой акватории корреляционный анализ показал наличие устойчивой отрицательной связи между содержанием в ДО ртути ($r = -0,42$) и мелкодисперсным песком, а также присутствие устойчивой положительной связи ($r = 0,43$) с алевритом. Содержание органического вещества в ДО имело устойчивую отрицательную корреляцию с концентрациями меди ($r = -0,55$). Концентрация свинца положительно коррелировала как с содержанием ОВ в осадках ($r = 0,43$), так и с содержанием УВ ($r = 0,49$).

Проведенный корреляционный анализ данных по зоне I восточной части исследуемой акватории показал наличие устойчивой положительной связи между содержанием в ДО меди ($r = 0,71$), марганца ($r = 0,97$) и крупнодисперсного песка. При этом отмечалась устойчивая отрицательная связь содержания данных металлов с мелким песком: $r = -0,71$ (медь), $r = -0,97$ (марганец). Устойчивая отрицательная корреляция наблюдается между содержанием марганца в ДО и алевритом ($r = -0,77$), пелитом ($r = -0,70$). Содержание УВ в осадках отрицательно коррелировало с концентрациями таких металлов, как свинец ($r = -0,70$), ртуть ($r = -0,77$), никель ($r = -0,69$), цинк ($r = -0,92$).

В зоне II восточной части исследуемой акватории наблюдалась слабая положительная корреляция концентрации свинца ($r = 0,55$) с содержанием в ДО органического вещества.

В зоне III восточной части исследуемой акватории корреляционный анализ показал наличие устойчивой положительной связи между содержанием в ДО алеврита и концентрациями никеля ($r=0,50$) и железа ($r=0,45$). С содержанием пелитовых фракций в ДО положительно коррелировала концентрация меди ($r=0,59$). Содержание УВ в осадках имело положительную корреляцию с концентрациями таких металлов, как цинк ($r=0,46$) и железо ($r=0,55$).

Таким образом, можно сделать вывод, что во всех зонах исследуемой акватории Северного Каспия накопление тяжелых металлов происходит в мелкодисперсных грунтах: на мелководье - богатых органическим веществом аллохтонного происхождения, в глубоководной зоне - органическим веществом автохтонного происхождения.

Исключение составляет мелководье (зона I) восточной части исследуемой акватории, где накопление таких металлов как медь и марганец происходит в крупном песке, что говорит о поступлении данных металлов в осадки вместе с ОВ аллохтонного происхождения.

Отсутствие корреляции между концентрациями этих двух металлов говорит о различных источниках их поступления в осадки. В данной зоне отрицательные корреляции с УВ таких металлов как свинец, ртуть, никель и цинк объясняются различными источниками поступления антропогенных загрязнений.

Литература

1. Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Островская Е.В. Особенности накопления загрязняющих веществ в донных отложениях дельты Волги / В сб.: Природно-ресурсные, экологические и социально-экономические проблемы окружающей среды в крупных речных бассейнах / Объединенный научный совет по фундаментальным географическим проблемам / Отв. редактор акад. В.М. Котляков. - М.: Медиа-Пресс, 2005. - С. 109-119.
2. Бреховских В.Ф., Островская Е.В., Катунин Д.Н., Волкова З.В. О влиянии стока Волги на распределение тяжелых металлов в ее устьевом взморье // Метеорология и гидрология, 2006. - № 2. - С. 88-97.
3. Гордеев В.В. Речной сток в океан и черты его геохимии. - М.: Наука, 1983. - 160 с.
4. Зорина М.Л., Суворов А.В. Сорбция тяжелых металлов донными осадками в присутствии нефтепродуктов (по данным модельных экспериментов) // Вопросы экологии и охраны природы, 1994. - Вып. 4. - С. 81-88.
5. Курапов А.А., Дегтярева Л.В. Районирование Северного Каспия по условиям накопления органических веществ в донных отложениях // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. - 2016. - № Июнь. - С. 26-29.
6. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. - М.: Химия, 1996. - 319 с.
7. Островская Е.В., Войнова М.В., Студников С.Н. Особенности пространственного распределения углеводородов в донных отложениях Северного Каспия // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2017. - № 5. - С. 39-44.
8. Холодов В.Н., Недумов Р.И., Лубченко И.Ю. Распределение железа, титана, марганца и малых элементов в размерных фракциях среднемиоценовых отложений Восточного Предкавказья // Литология и полезные ископаемые, 1979. - № 6. - С. 50-60.
9. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Summary tables. — Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001. — 5 p.
10. Crecelius E.A., Trefry J.H., Steinhauer M.S., Boehm P.D. Trace metals in sediments from the inner continental shelf of the western Beaufort sea // Environ. Geol. And Water Sci., 1991. - V. 18. - №1. - P. 71-79.
11. Krumpal B.S., Fainshtein G., Cohen A. Grain size effect on anthropogenic trace metal and organic matter distribution in marine sediments // Sci. Total Environ, 1992. - V. 116. - №1-2. - P. 15-30.
12. Martincic D., Kwokal Z., Stoeppler M., Branica M. Trace metals in sediments from the Adriatic Sea // The Science of the Total Environment, 1989. - V. 84. - P. 135-147.

13. Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95. Rules for Building SP 11-102-97, Annex B (State Committee of the Russian Federation for Building, 1997).
14. Rogrerud S., Norton S.A., Dauvalter V. Heavy metal pollution in lake sediments in the border areas between Russia and Norway // Niva-report 522/93, Oslo.- 1993. - 18 p.
15. Saeki Kazutoshi, Okazaki Masanori, Kubota Masatsugy. Heavy metal accumulation in a semi-enclosed hypereutrophic system: lake Teganuma, Japan. Pt. 2. Heavy metal accumulations in sediment // Water, Air and Soil Pollut, 1993. - V. 69. - №1-2. - P. 79-91.

Literatura

1. Brehovskih V.F., Volkova Z.V., Ostrovskaja E.V. Osobennosti nakoplenija zagryzajushchih veshhestv v donnyh otlozhenijah del'ty Volgi / V sb.: Prirodno-resursnyje, jekologicheskie i social'no-jekonomicheskie problemy okružhajushhej sredy v krupnyh rechnykh bassejnah / Ob#edinennyj nauchnyj sovet po fundamental'nyh geograficheskim problemam / Otv. redaktor akad. V.M. Kotljakov. - M.: Media-Press, 2005.- S. 109-119.
2. Brehovskih V.F., Ostrovskaja E.V., Katunin D.N., Volkova Z.V. O vlijanii stoka Volgi na raspredelenie tjazhelyh metallov v ee ust'evom vzmor'e // Meteorologija i gidrologija, 2006. - № 2. - S. 88-97.
3. Gordeev V.V. Rechnoj stok v okean i cherty ego geohimii. - M.: Nauka, 1983. - 160 s.
4. Zorina M.L., Suvorov A.V. Sorbcija tjazhelyh metallov donnymi osadkami v prisutstvii nefteproduktov (po dannym model'nyh jeksperimentov) // Voprosy jekologii i ohrany prirody, 1994. - Vyp. 4. - S. 81-88.
5. Kurapov A.A., Degtjareva L.V. Rajonirovanie Severnogo Kaspija po uslovijam nakoplenija organicheskih veshhestv v donnyh otlozhenijah // Zashhita okružhajushhej sredy v neftegazovom komplekse. - 2016. - № Ijun'. - S. 26-29.
6. Majstrenko V.N., Hamitov R.Z., Budnikov G.K. Jekologo-analiticheskij monitoring supertoksikantov. - M.: Himija, 1996. - 319 s.
7. Ostrovskaja E.V., Vojnova M.V., Studnikov S.N. Osobennosti prostranstvennogo raspredelenija uglevodorodov v donnyh otlozhenijah Severnogo Kaspija // Zashhita okružhajushhej sredy v neftegazovom komplekse, 2017. - № 5. - S. 39-44.
8. Holodov V.N., Nedumov R.I., Lubchenko I.Ju. Raspredelenie zheleza, titana, marganca i malyh jelementov v razmernykh frakcijah srednemiocenovykh otlozhenij Vostochnogo Predkavkaz'ja // Litologija i poleznye iskopaemye, 1979. - № 6. - S. 50-60.
9. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Summary tables. — Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001. — 5 p.
10. Crecelius E.A., Trefry J.H., Steinhauer M.S., Boehm P.D. Trace metals in sediments from the inner continental shelf of the western Beaufort sea // Environ. Geol. And Water Sci., 1991. - V. 18. - №1. - P. 71-79.
11. Krumgalz B.S., Fainshtein G., Cohen A. Grain size effect on anthropogenic trace metal and organic matter distribution in marine sediments // Sci. Total Environ, 1992. - V. 116. - №1-2. - P. 15-30.
12. Martincic D., Kwokal Z., Stoeppler M. Branica M. Trace metals in sediments from the Adriatic Sea // The Science of the Total Environment, 1989. - V. 84. - P. 135-147.
13. Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95. Rules for Building SP 11-102-97, Annex B (State Committee of the Russian Federation for Building, 1997).
14. Rogrerud S., Norton S.A., Dauvalter V. Heavy metal pollution in lake sediments in the border areas between Russia and Norway // Niva-report 522/93, Oslo.- 1993. - 18 p.
15. Saeki Kazutoshi, Okazaki Masanori, Kubota Masatsugy. Heavy metal accumulation in a semi-enclosed hypereutrophic system: lake Teganuma, Japan. Pt. 2. Heavy metal accumulations in sediment // Water, Air and Soil Pollut, 1993. - V. 69. - №1-2. - P. 79-91.