



2. Ataev Z.V., Bratkov V.V. Mining and depressions landscapes of the North-West Caucasus: current climatic changes and seasonal dynamics. Makhachkala: DSPU, 2011. 128 p.
3. Ataev Z.V., Bratkov V.V., Gadzhibekov M.I. Semi-desert landscapes of the North-West Caspian: variability and dynamics. Makhachkala: DSPU, 2011. 124 p.
4. Ataev Z.V., Bratkov V.V., Gadzhimuradova Z.M. The role of climatic factors in the formation of low mountains and foothills landscapes of the North-East Caucasus // Young Scientist. 2012. № 10. Pp. 105-108.
5. Ataev Z.V., Bratkov V.V., Gadzhimuradova Z.M., Zaurbekov Sh.Sh. Climatic features and temporal structure of the foothill landscapes of the North-East Caucasus // Proceedings of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and Exact Sciences. 2011. № 1. Pp. 92-96.
6. Beruchashvili N.L. Explanatory note to the landscape map of the Caucasus. Tbilisi: Publishing house of the Tbilisi State University, 1980. 54.
7. Bratkov V.V., Salpagarov A.D., Mokrousov D.O. Seasonal dynamics of landscapes of Teberda reserve // Proceedings of Teberdinsky State Biosphere Reserve. Issue 41. Moscow-Stavropol: Ilekso-Servisskola, 2005. 96 p.
8. Ivanov N.N. Landscape-climatic zones of the world // Notes of RGS, new series. T. 1. Moscow-Leningrad, 1948.
9. Isachenko A.G. Landscape and physical-geographic regionalization: A Textbook. Moscow: Higher School, 1991. 336 p.
10. Nikolaev V.A. Problems of regional landscapes. M.: Publishing house of the Moscow State University, 1979. 160 p.
11. Solntsev V.N. System organization of landscapes (Problems of methodology and theory). M.: Mysl, 1981. 239 p.
12. Solntsev N.A. Selected works. The doctrine of the landscape. M.: Publishing house of the Moscow State University, 2001. 383 p.
13. Ataev Z.V., Bratkov V.V. The climatic features and temporal structure of the foothill landscapes in the North-Eastern Caucasus // European researcher. 2011. № 10. Pp. 1439-1444.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (Государственный контракт № 14.B37.21.0675).

УДК 574(262.81)

## НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

© 2013 Чуйко Е.В.<sup>1</sup>, Попова О.В.<sup>2</sup>,  
ФБУ СевКасптехмордирекция<sup>1</sup> ФГУП КаспНИРХ<sup>2</sup>

Представлены результаты анализа многолетней изменчивости содержания цинка, меди, свинца, кадмия марганца и никеля в донных отложениях западной части Северного Каспия. В статье прослежена динамика подвижных форм элементов в период с 2002 по 2009 гг. Для групп металлов выявлены общие закономерности. Содержание цинка и меди изменялось в узком диапазоне. Наибольшее накопление этих элементов отмечено в 2003 г. Концентрации свинца и кадмия возрастали в 2005 г. в соответствии с речным стоком, объем которого в 2005 г. был максимальным за период исследований. Динамика содержания марганца и никеля носила схожий флуктуационный характер, обусловленный особенностью связывания этих элементов. Отмечено возрастание концентраций в 2003, 2005 и 2007 гг. Обнаружена тесная корреляционная связь между средним содержанием никеля и марганца в донных отложениях. Рассчитан коэффициент донной аккумуляции для западной части Северного Каспия. Установлено, что наибольшим накоплением в донных осадках отличается марганец, коэффициент донной аккумуляции которого составил 66,38. Наименьшее накопление в донных отложениях свойственно цинку, коэффициент донной аккумуляции которого составил 0,26. За период исследований выделены участки с аномальным содержанием тяжелых металлов. К таким районам относится участок у о. Чечень, расположенный в юго-западной части Северного Каспия, и район западной части предустьевое пространство р. Волги, испытывающий непосредственное влияние основного рукава дельты р. Волги.

Are represented the results of the analysis of long-term variability of the zinc, copper, lead, cadmium, manganese and nickel in sediments of the western part of the North Caspian. Article traces dynamics of mobile elements in the period from 2002 to 2009. For groups of metals identified common patterns. Zinc and copper varied in a narrow range. The greatest accumulation of these elements noted in 2003 Concentrations of lead and cadmium increased in 2005, according to the runoff, the volume of which in 2005 was the highest in the study period. Dynamics of manganese and nickel wore similar fluctuation character due to the binding feature of these elements. Marked increase in concentrations in 2003, 2005 and 2007. Found a close correlation between the average nickel and manganese in the sediments. Calculate the rate of accumulation of the bottom of the western part of the North Caspian Sea. Found that the highest accumulation in the bottom sediments of different manganese accumulation ratio of the bottom of which was 66.38. The smallest accumulation in sediments tend to zinc, the bottom rate of accumulation which was 0.26. During the study period marked areas with abnormal content of heavy metals. Such areas include land at about. Chechen



Island, located in the south-western part of the North Caspian Sea, and the area west of shallow space p. Volga, have a direct influence of the main sleeve Delta. Volga

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, Северный Каспий, многолетняя динамика, подвижные формы тяжелых металлов в донных отложениях, содержание, коэффициент донной аккумуляции, накопление.

**Key words:** heavy metals, the Northern Caspian and long-term dynamics, mobile forms of heavy metals in sediments, the content, the ratio of the bottom accumulation.

Каспийское море - уникальный водоём, его углеводородные ресурсы и биологические богатства не имеют аналогов в мире [4]. Особенно продуктивны западные районы Северного Каспия, испытывающие непосредственное влияние пресноводного стока реки Волга. Здесь формируются промысловые запасы большинства видов рыб, в том числе и осетровых. В последние годы в Каспийском море сложилось выраженное несоответствие между экологической емкостью моря и интенсивностью его загрязнения. Наряду с углеводородами в морской среде Каспия наиболее опасными загрязнителями являются тяжелые металлы - продукты как естественного происхождения, так и привнесённые в виде компонентов промышленных отходов с речным стоком [1]. Важную роль в биогеохимическом цикле следовых металлов в морской среде играют донные отложения (ДО), являющиеся местом их депонирования. Обогащение донных отложений металлами происходит за счет погружения на дно взвешенных частиц и сорбции металлов из воды при ее контакте с осадками. Важность изучения накопления донных осадков связана в первую очередь с процессами вторичного загрязнения морской среды [5].

При анализе многолетней динамики содержания анализируемых элементов в донных отложениях Северного Каспия было выявлено ряд особенностей. Содержание подвижных форм цинка и меди в донных отложениях Северного Каспия колебалось в узком диапазоне: от 3,64 мг/кг до 6,95 мг/кг, при среднем значении 4,77 мг/кг (9,5 % от кларка [2]) и от 2,84 мг/кг до 5,12 мг/кг при среднемноголетней концентрации 3,77 мг/кг (3,8% от кларковой величины [2]) соответственно. Период наибольшего среднего содержания цинка и меди в ДО приходился на 2003 г., когда полученные для цинка и меди величины превысили среднемноголетний показатель в 1,4 раза (рис. 1).

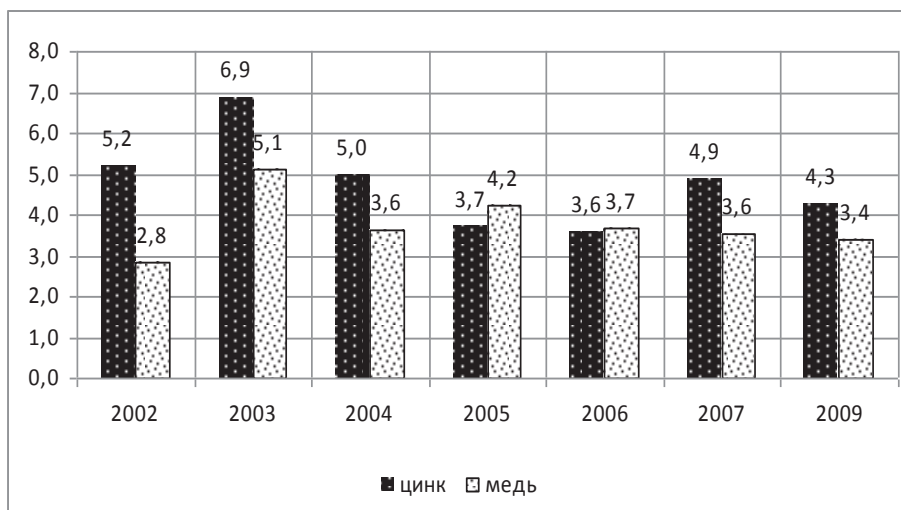


Рис. 1. Содержание подвижных форм цинка и меди в донных отложениях Северного Каспия, мг/кг

Среднегодовые концентрации свинца в донных отложениях варьировали в диапазоне от 10,6 мг/кг до 24,7 мг/кг. Среднемноголетняя концентрация 17,4 мг/кг незначительно превышала кларковое значение (в 1,1 раза). Средняя концентрация свинца, рассчитанная на основании данных 2005г., превышала среднемноголетний показатель в 1,4 раза. Аналогичная изменчивость отмечена и для кадмия, наибольшая концентрация которого также отмечена в 2005 г., а превышение многолетнего уровня составило 1,4 раза (рис. 2). Такое распределение вероятнее всего было обусловлено влиянием речного стока, объем которого в 2005 г. был наибольшим за период исследований. Обращает внимание сходная изменчивость концентраций кадмия и доли речного стока в период половодья по годам ( $r=0,68$ ), что может свидетельствовать о преимущественном накоплении металла в результате его привноса с речными водами.

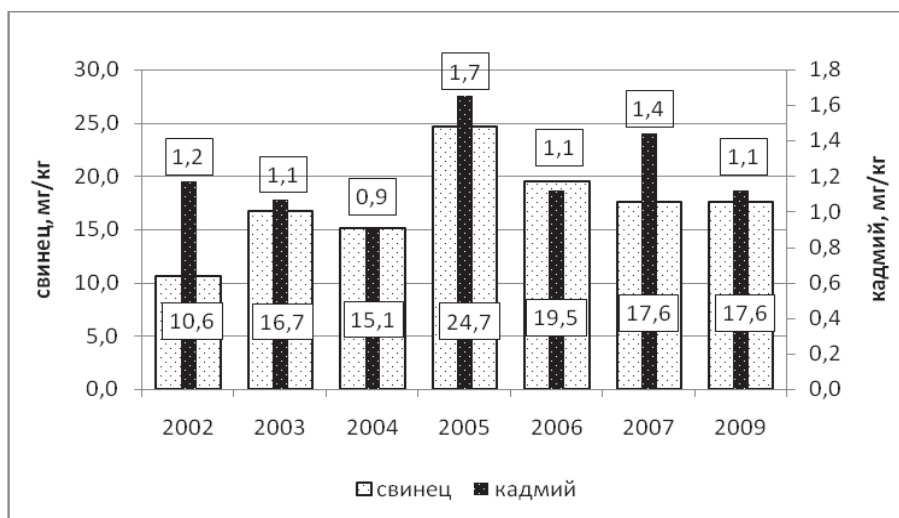


Рис. 2. Содержание подвижных форм свинца и кадмия в донных отложениях Северного Каспия, мг/кг

Многолетние динамики марганца и никеля имели схожие тенденции. Отмечалось возрастание концентраций металлов в 2003, 2005 и 2007 гг. (рис.3). При статистическом анализе отмечен высокий коэффициент корреляции между средним содержанием никеля и марганца в донных отложениях ( $r=0.86$ ). Такая особенность, по мнению авторов [8], обусловлена удалением никеля из морской воды за счет связывания его с оксидами и гидроксидами марганца и депонирования в донных отложениях.

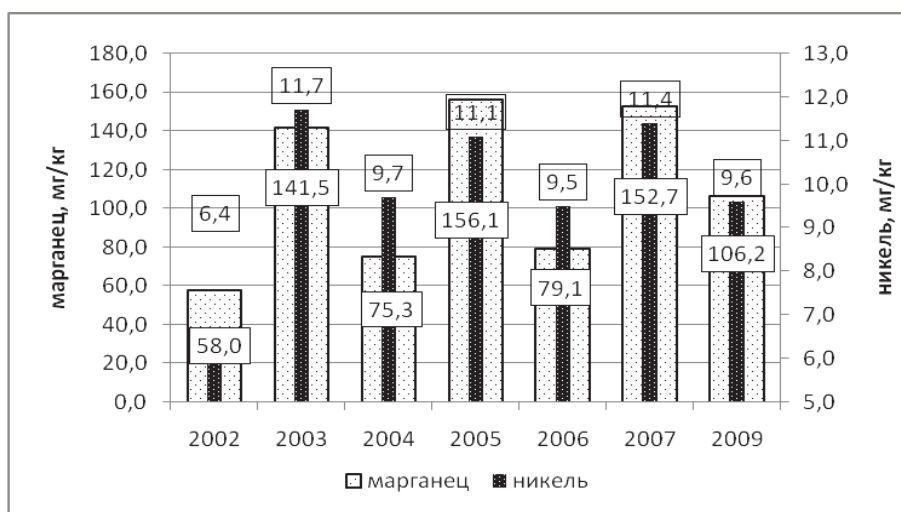


Рис. 3. Содержание подвижных форм марганца и никеля в донных отложениях Северного Каспия, мг/кг

Концентрации марганца в донных отложениях варьировали в широком диапазоне: от 58 мг/кг до 156,1 мг/кг при среднем значении 106,6 мг/кг, составляя 11,8% от кларка. Динамика содержания никеля в донных отложениях отличалась слабой изменчивостью. Средние концентрации металла варьировали в диапазоне от 6,4 мг/кг до 11,7 мг/кг при среднем значении 9,9 мг/кг, составляя 12,4% от кларка.

Для донных отложений был рассчитан коэффициент донной аккумуляции (КДА), как отношение содержания металлов в донных осадках к их содержанию в воде. Анализ полученных результатов показал, что наибольшим накоплением в донных осадках отличался марганец, коэффициент донной аккумуляции которого составил в среднем за весь период исследований 66,38 (рисунок 4), что вероятно обусловлено преимущественной его миграцией во взвешенном состоянии [6]. Наименьшим накоплением характеризовался цинк, концентрации которого незначительны в донных отложениях, по сравнению с водными массами, где он мигрирует преимущественно в ионном виде (рис. 4).

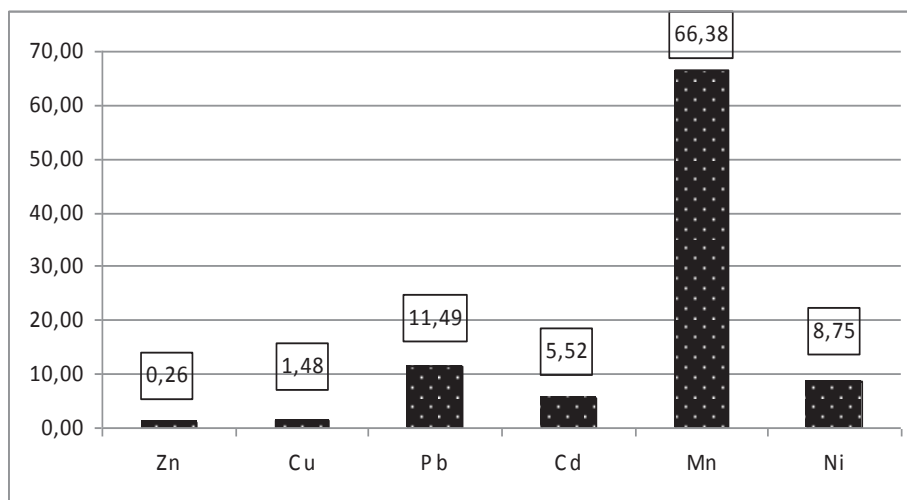


Рис. 4. Коэффициенты донной аккумуляции для металлов в Северном Каспии.

Для выявления районов наибольшего аккумулярования металлов в донных отложениях в различные периоды исследований были выделены участки с величинами КДА  $> (\text{средняя} + 3\sigma)$  (где  $\sigma$  – стандартное отклонение), отражающими аномальное накопление тяжелых металлов [3] (рис. 5).

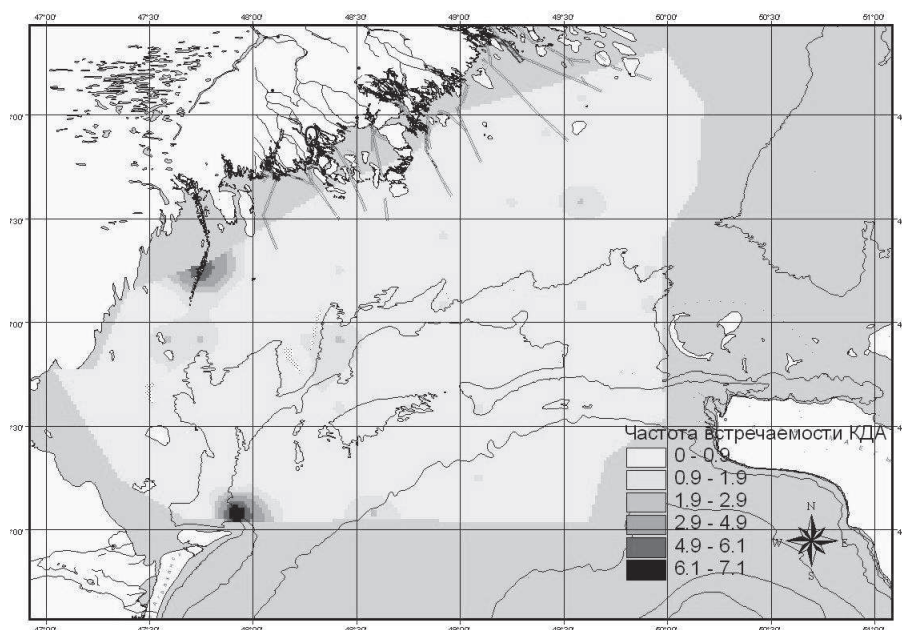


Рис. 5. Частота встречаемости величины КДА  $> (\text{среднее} + 3\sigma)$ , где  $\sigma$  – стандартное отклонение

К таким районам относится участок у о. Чечень, расположенный в юго-западной части Северного Каспия и относящийся к зоне конвергенции западной волжской струи, терских и среднекаспийских вод. Этот район по данным [7] характеризуется накоплением речного материала, состоящего в основном из илистого песка, который отличается высокой аккумулярующей способностью загрязняющих веществ. Согласно классификации, используемой Хрипуновым с соавторами [7] донные отложения участка, расположенного северо-восточнее о. Чечень сложены мелкоалевритовым илом, характеризующимся большой площадью поверхности и высокой аккумулярующей способностью. К этому типу осадков относятся донные отложения Волго-Каспийского канала, где также наблюдаются случаи обнаружения высоких величин коэффициента донной аккумуляции, что отражено на карте пространственного распределения частоты встречаемости высоких величин КДА. Учитывая, что важность изучения накопления донных осадков связана в первую очередь с процессами вторичного загрязнения морской среды [5], участки повышенной аккумуляции элементов в западной части Северного Каспия могут быть рассмотрены как потенциально опасные, способные при изменении физико-химических условий среды обогащать водные массы дополнительным количеством тяжелых металлов.



### Библиографический список

1. **Евтушенко Н.Ю.** Некоторые аспекты нормирования концентраций ТМ в водоемах, подверженных антропогенному влиянию/ Евтушенко Н.Ю. Линник П.Н., Сытник Ю.М., Осадчая Н.Н. //2-я Всесоюзная конф. по р/х токсикологии.-Тез.докл.-СПб, 1991.-Т.1-С182-184;
2. **Виноградов, А. П.** Закономерности распределения химических элементов в земной коре/ Виноградов, А. П.// Геохимия, 1956, № 1, с. 6-52.;
3. **Гусейнов А.Г.** Нефтепродукты и 3,4 безапирен в почвах города Тюмени/ Гусейнов А.Г., Могутова Л.М., Губарева Н.Н., Московченко Д.В.// Экология и промышленность России.-2000.-№7, С.31-33;
4. **Иванов В.П.** Биологические ресурсы Каспийского моря: их сохранение и использование в изменяющихся экологических и геополитических условиях/Иванов В.П.//Автореф. Док. Дисс. Астрахань, 1999, 75с.;
5. **Израэль Ю.А.** Антропогенная экология океана/ Израэль Ю.А., Цыбань А.В.// -Ленинград:Гидрометеиздат, 1989.-527с.;
6. **Островская Е.В.** Закономерности переноса и накопления тяжелых металлов в устьевой области р.Волги/ Островская Е.В.// дисс. Канд.геогр.наук, Москва, 2000;
7. **Хрипунов И.А.** Многолетние изменения гранулометрического состава и пространственного распределения донных отложений Северного Каспия/ Хрипунов И.А., Катунин Д.Н., Азаренко А.В. //Водные ресурсы, 2010, том 37, №6, С.709-716;
8. **Gupta S.K.** Partitioning of trace metals in selective chemical fractions of nearshore sediments/ Gupta S.K., Chen K.Y.// Environmental Letters 10, 1975.-P. 129-158.

### Bibliography

1. **Evtushenko N.YU.** Nekotorye aspekty normirovaniya kontsentratsij TM v vodoemakh, pod-verzhennykh antropogennomu vliyaniyu/ Evtushenko N.YU. Linnik P.N., Sytnik YU.M., Osadchaya N.N. //2-ya Vse-soyuznaya konf. po r/kh toksikologii:-Tez.dokl.-SPB, 1991.-T.1-S182-184;
2. **Vinogradov A. P.** Zakonomernosti raspredeleniya khimicheskikh ehlementov v zemnoj kore/ Vinogradov, A. P.// Geokhimiya, 1956, № 1, s. 6-52.;
3. **Gusejnov A.G.** Nefteprodukty i 3,4 bezapiren v pochvakh goroda Tyumeni/ Gusejnov A.G., Mo-gutova L.M., Gubareva N.N., Moskovchenko D.V.// EHkologiya i promyshlennost' Rossii.-2000.-№7, S.31-33;
4. **Ivanov V.P.** Biologicheskie resursy Kaspijskogo morya: ikh sokhranenie i ispol'zovanie v izmenyayushihkhsya ehkologicheskikh i geopoliticheskikh usloviyakh/Ivanov V.P.//Avtoref. Dok. Diss. Astrakhan', 1999, 75s.;
5. **Izraehl' YU.A.** Antropogennaya ehkologiya okeana/ Izraehl' YU.A., TSyban' A.V.// -Leningrad:Gidrometeoizdat, 1989.-527s.;
6. **Ostrovskaya E.V.** Zakonomernosti perenos a i nakopleniya tyazhelykh metallov v ust'evoj ob-lasti r.Volgi/ Ostrovskaya E.V.// diss. Kand.geogr.nauk, Moskva, 2000;
7. **KHripunov I.A.** Mnogoletnie izmeneniya granulometricheskogo sostava i prostranstvennogo raspredeleniya donnykh otlozhenij Severnogo Kaspiya/ KHripunov I.A., Katunin D.N., Azarenko A.V. //Vodnye resursy, 2010, tom 37, №6, S.709-716;
8. **Gupta S.K.** Partitioning of trace metals in selective chemical fractions of nearshore sediments/ Gupta S.K., Chen K.Y.// Environmental Letters 10, 1975.-P. 129-158