



## ГЕОГРАФИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 502/504 (262.81)

### ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТА НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ВОДЕ 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>

Основное влияние на формы миграции микроэлементов в Северном Каспии оказывает волжский сток. Основная доля элементов в волжских водах переносится в составе взвешенных частиц. Исключение составляет цинк, транспортирующийся преимущественно в растворенном виде.

В работе представлены результаты исследования содержания растворенной и взвешенной форм цинка, меди, свинца и марганца в поверхностной воде Северного Каспия в период с 2002 по 2009 гг. На основании полученных данных рассчитано соотношение растворенных и взвешенных форм исследуемых микроэлементов. Согласно расчетам основная часть меди, свинца и марганца переносится в составе взвешенных частиц. Цинк мигрирует преимущественно в растворенном виде. Доминирующая форма миграции металла увеличивается в зависимости от сезона. Для цинка, мигрирующего в ионном состоянии, и для меди, свинца и марганца, переносимых преимущественно во взвеси, в осенний период отмечается возрастание доли растворенной (Zn) и взвешенных форм (Cu, Pb, Mn) соответственно. Увеличение доли ионных форм металлов в Северном Каспии происходило эпизодически на локальных участках. За весь период исследований наибольшее количество случаев превышения растворенной формы металлов над взвешенной отмечалось в центральной части мелководной зоны предустьевое пространство р. Волги у выхода Кировского и Белинского каналов.

Major influence on the form of migration of trace elements in the North Caspian has Volga runoff. The bulk of the elements in the Volga waters carried in the suspended solids. The exception is zinc, transports mainly in dissolved form.

In article presents the results of a study of dissolved and suspended forms of zinc, copper, lead, and manganese in the surface water of the North Caspian Sea from 2002 to 2009. On the basis of the received data the ratio of dissolved and suspended forms of trace elements studied. According to calculations, the bulk of the copper, lead and manganese is carried in the suspended solids. Zinc migrates mainly in dissolved form. The dominant form of migration of the metal increases, depending on the season. For zinc, the migrant in the ionic state, and for copper, lead, manganese, transferring primarily in suspension, in the autumn period the increase in the proportion of dissolved (Zn) and suspended forms (Cu, Pb, Mn), respectively. Increase in the proportion of ionic forms of metals in the North Caspian occurred episodically in local areas. Over the entire study period the greatest number of excess dissolved form of weighted metal observed in the central part of the shallow zone predustevogo space p. Volga near the exit of the Kirov and Belinsky channels.

**Ключевые слова:** Северный Каспий, поверхностные воды, микроэлементы, содержание, соотношение растворенных и взвешенных форм миграции, сезонная изменчивость.

**Key words:** Northern Caspian, surface water, trace elements, the content, the ratio of dissolved and suspended forms of migration, seasonal variability.

Западная часть Северного Каспия испытывает непосредственное влияние волжского стока, транспортирующего в своем составе различные загрязняющие вещества, в том числе и тяжелые металлы. Согласно исследованиям ряда авторов [7, 10, 11], в составе волжского транзитного стока железо, свинец, марганец, никель, кобальт мигрируют во взвешенном состоянии и цинк в растворенном. Для Си и РЬ обе эти формы могут быть равноценными. Их соотношение может сильно варьировать в зависимости от конкретных условий среды и сезона года. Кроме того, как отмечает [5] устьевое взморье р. Волги и большая часть Северного Каспия, в силу своей мелководности подвержено достаточно интенсивному взмучиванию ДО, в результате которого происходит переход части отложений и связанных с ними металлов во взвешенное состояние, а из иловых вод в растворенное.

В результате исследований, проведенных в западной части Северного Каспия в период с 2002 по 2009 гг. были определены концентрации растворенных и взвешенных форм цинка, меди, свинца и марганца в поверхностной воде Северного Каспия (таблица 1).



Таблица 1

**Среднее содержание растворенных взвешенных форм микроэлементов в Северном Каспии**

| Период исследования | растворенные формы, мкг/л |      |      |      | взвешенные формы, мкг/л |      |       |        |
|---------------------|---------------------------|------|------|------|-------------------------|------|-------|--------|
|                     | Zn                        | Pb   | Cu   | Mn   | Zn                      | Pb   | Cu    | Mn     |
| 2002                | 21,54                     | 2,15 | 4,52 | 4,89 | 9,16                    | 2,31 | 11,03 | 48,60  |
| 2003                | 35,48                     | 1,36 | 3,93 | 7,21 | 23,43                   | 3,46 | 12,73 | 30,85  |
| 2004                | 29,42                     | 1,41 | 4,12 | 1,25 | 23,94                   | 4,00 | 13,48 | 24,73  |
| 2006                | 31,83                     | 1,84 | 2,84 | 1,67 | 55,99                   | 3,76 | 11,15 | 58,39  |
| 2007                | 32,84                     | 1,78 | 2,61 | 2,41 | 30,38                   | 2,08 | 25,60 | 223,14 |
| 2009                | 42,99                     | 2,20 | 3,06 | 3,49 | 31,80                   | 4,31 | 19,19 | 15,34  |
| 2002-2009           | 31,83                     | 1,90 | 3,38 | 3,23 | 29,12                   | 3,32 | 15,53 | 66,84  |

На основании полученных данных было рассчитано соотношение растворенных и взвешенных форм исследуемых микроэлементов. Расчет выполнен после предварительного определения суммарного содержания элементов в северо-каспийских водах. Результаты расчетов (таблица 2) показывают, что основная доля металлов в поверхностных водах западной части Северного Каспия мигрирует в составе взвешенных частиц. Исключение составляет цинк, транспортирующийся, преимущественно в растворенном состоянии. Распределение соотношения растворенных и взвешенных форм элементов в поверхностной воде западной части Северного Каспия схоже с распределением в волжской воде, что указывает на доминирующее влияние речного стока на форму миграции металлов в море.

Таблица 2

**Процентные доли растворенной и взвешенной форм микроэлементов в Северном Каспии**

|    | 2002 |      | 2003 |      | 2004 |      | 2006 |      | 2009 |      | 2002-2009 |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|------|
|    | ион. | взв. | ион. | взв. | ион. | взв. | ион. | взв. | ион. | взв. | ион.      | взв. |
| Zn | 68,2 | 31,8 | 59,3 | 40,7 | 54,6 | 45,4 | 51,6 | 48,4 | 59,3 | 40,7 | 58,6      | 41,4 |
| Cu | 22,5 | 77,5 | 20,4 | 79,6 | 23,1 | 76,9 | 26,2 | 73,8 | 9,3  | 90,7 | 20,3      | 79,7 |
| Pb | 47,6 | 52,4 | 31,9 | 68,1 | 30,6 | 69,4 | 23,0 | 77,0 | 43,8 | 56,2 | 35,4      | 64,6 |
| Mn | 9,0  | 91,0 | 14,4 | 85,6 | 10,3 | 89,7 | 14,7 | 85,3 | 19,3 | 80,7 | 13,5      | 86,5 |

Сезонная изменчивость соотношения растворенных и взвешенных форм изучаемых элементов имела схожую тенденцию для меди, свинца и марганца, доля взвешенных форм которых возрастала в осенний период. Для цинка, мигрирующего в ионном состоянии, увеличение доли ионных форм отмечалось также в осенний период (рис. 1). Следует отметить, что в осенний период для исследуемых элементов наблюдалось увеличение именно доминирующей формы миграции.

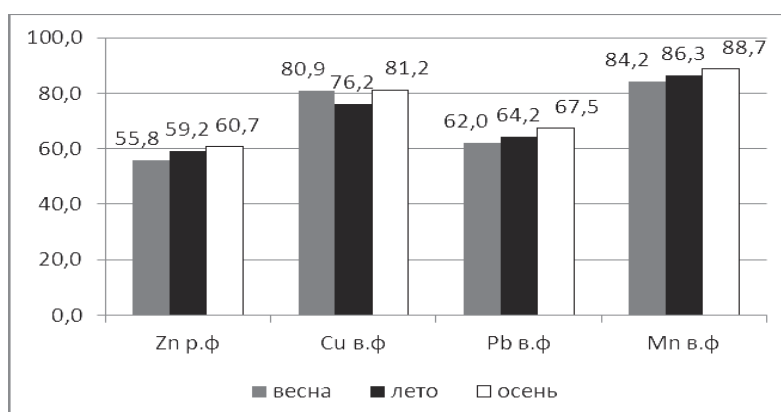


Рис. 1. Доля растворенных (р.ф) и взвешенных (в.ф) форм тяжелых металлов в западной части Северного Каспия по сезонам, %

Такая динамика могла быть обусловлена преимущественным влиянием ветровой активности в осенний период [1] и как следствие взмучиванием донных отложений с последующим обогащением морской воды взвешенными формами металла [5], а в случае цинка, мигрирующего преимущественно в ионном виде, увеличение ионных форм обуславливалось минерализацией органического вещества с последующим выделением металла в воду.

Цинк, как указывалось выше, переносился в основном в растворенном виде. Доля этого компонента в растворе в среднем составляла от 51,6% в 2006 г. до 68,2% в 2002 г., при среднем значении 58,6%. Максимальное превалирование ионных форм, зарегистрированное за весь период наблюдений, составило 96,9% и было отмечено в осенний период 2002 г.

Доля взвешенных форм меди за период исследований в среднем составила 79,7% при изменчивости от 73,8% в 2006 г. до 90,7% в 2009 г. Наибольшая доля растворенных форм этого элемента в поверхностных водах исследуемой акватории была зафиксирована в июне и июле-августе 2006 г. – 36,2% (рисунок 3.30), что было, вероятно, связано с недостаточным поступлением взвешенных форм металла с речным стоком из-за низкого объема волжского стока в период половодья (37% от годового стока).

Доля взвешенных форм свинца в течение всего периода исследований изменялась в среднем в диапазоне от 52,4% в 2002 г. до 77,0% в 2006 г. Средняя доля свинца во взвеси Северного Каспия за период исследований составила 64,6%. К периодам доминирования растворенной формы миграции элементов над взвешенной можно отнести сентябрь 2002 г. и июль-август 2009 г.

Главная форма миграции соединений марганца в поверхностных водах - взвеси, состав которых определяется в свою очередь составом пород, дренируемых водами. Кроме того, важное место в миграции марганца отводится коллоидным гидроксидам тяжелых металлов и сорбированным соединениям марганца [8]. Доля взвешенных форм марганца в общем балансе составляет 86,5%. Однако, в 2003 г. для марганца зарегистрированы случаи доминирования ионной формы в поверхностных водах изучаемой акватории. Следует отметить, что увеличение доли растворенных форм марганца отмечалось в июне, что не позволяет сделать вывод об обогащении морских вод ионными формами марганца за счет его поступления с речным стоком, так как основная форма миграции марганца в речных водах - взвешенная. В речной воде содержание взвешенных форм марганца, как правило, связано с общей массой взвеси. В зоне геохимического барьера по данным [7] происходит флокуляция и осаждение взвешенных частиц, обогащенных этими элементами. Преодолевают геохимический барьер преимущественно растворенные формы металлов [6,9]. Увеличение растворенной доли металла в северо-каспийских водах в июне вероятно обусловлено процессами трансформации и осаждения взвешенных частиц, в результате чего доля растворенных форм возрастала.

Увеличение доли ионных форм металлов в Северном Каспии происходило эпизодически на локальных участках. За весь период исследований (2002-2009 гг.) наибольшее количество случаев превышения растворенной формы металлов над взвешенной отмечалось в центральной части мелководной зоны предустьевое пространства р. Волги у выхода Кировского и Белинского каналов (рис. 2). Следует отметить, что каналы дельты, расположенные в центральной части предустьевое пространства характеризуются высокой зарастаемостью высшей водной растительностью и слабой проточностью ввиду отсутствия дноуглубительных работ [2], что способствует усилению процессов коагуляции и соосаждения, приводящих к удалению взвешенных форм металлов из водной среды [4] и поступлению в Северный Каспий преобладающего количества ионных форм металлов.

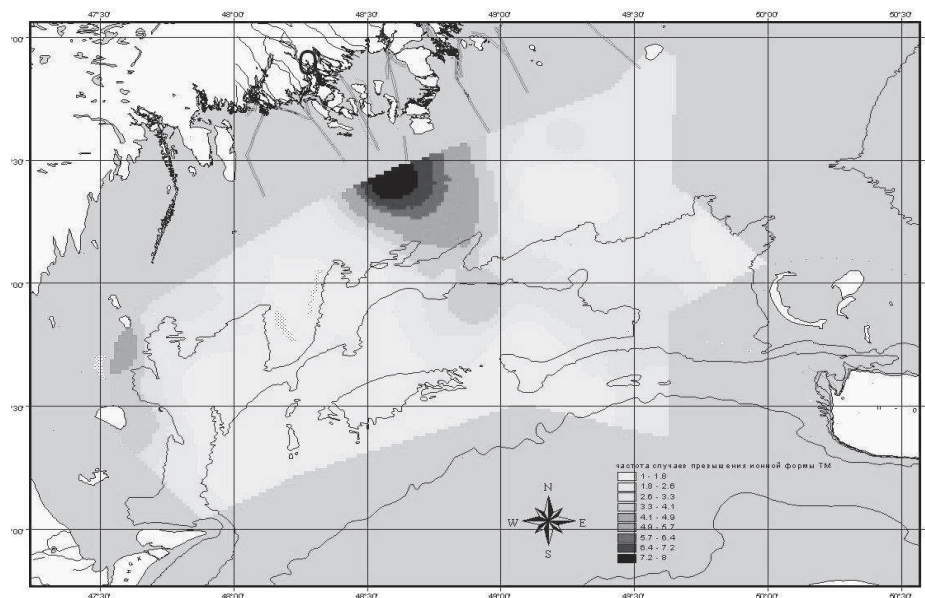


Рис. 2. Распределение частоты случаев превышения растворенной формы миграции металлов над взвешенной в воде Северного Каспия



### Библиографический список

1. **Бондаренко А.И.** Течения Каспийского моря и формирование поля солёности вод Северного Каспия/ Бондаренко А.И.// М., Наука. 1993. 122 с.
2. **Бухарицин П.И.,** Аксенов В.Ф. Влияние гидрологического режима на биологическую продуктивность водоемов аридной зоны/ Бухарицин П.И., // Проблемы и перспективы современной науки. Томск. 2008 №2
3. **Гордеев В.В.** Средний химический состав взвеси рек мира и питание океанов речным осадочным материалом/ Гордеев В.В., Лисицын А.П. // Докл. АН СССР. 1978. Т. 238. № 1. С. 255-258.
4. **Израэль Ю.А.** Антропогенная экология океана/ Израэль Ю.А., Цыбань А.В.// -Ленинград:Гидрометеиздат, 1989.-527с.;
5. **Кукса В.И.** Южные моря в условиях антропогенного стресса/ Кукса В.И. // СПб: Гидрометеиздат, 1994. С. 74-149
6. **Лисицын А.П.** Лавинная седиментация/ Лисицын А.П.// Лавинная седиментация в океане. Ростов н/Д. 1982. С. 3-59
7. **Островская Е.В.** Закономерности переноса и накопления тяжелых металлов в устьевой области р.Волги/ Островская Е.В.// дисс. Канд.геогр.наук, Москва, 2000;
8. **РД 52.24.467-2008** Массовая концентрация марганца в водах. МВИ фотометрическим методом с формальдоксимом. Ростов-на-Дону 2008
9. **Хрусталеv Ю.П.** Особенности седиментогенеза в области влияния речного стока.// Лавинная седиментация в океане/ Хрусталеv Ю.П. // Ростов н/Д. 1982. С.59-71., Лисицын А.П. Лавинная седиментация.// Лавинная седиментация в океане. Ростов н/Д. 1982. С. 3-59,
10. **Чуйко Е.В.** Распределение растворенной и взвешенной форм ТМ по водотокам дельты р. Волги/ Чуйко Е.В., Попова О.В.// Актуальные проблемы современной науки: Тр. 2-го Международного форума (7-й Международной конференции). Технические науки. Ч.16. Экология.-Самара:Самар.гос.техн.ун-т.2006.-С.70-73,
11. **Чуйко Е.В.** Тяжелые металлы в водотоках дельты р. Волги/ Чуйко Е.В., Попова О.В. //Материалы первой международной научно-практической конференции молодых ученых «Комплексные исследования биологических ресурсов южных морей и рек». - Астрахань: изд-во КаспНИРХ, 2004.-С. 206-209

### Bibliography

1. Bondarenko A.I. Tcheniya Kaspijskogo morya i formirovanie polya solenosti vod Severnogo Kaspiya/ Bondarenko A.I.// M., Nauka. 1993. 122 s.
2. Bukharitsin P.I., Aksenov V.F. Vliyanie gidrologicheskogo rezhima na biologicheskuyu produktivnost' vodoemov aridnoj zony/ Bukharitsin P.I., // Problemy i perspektivy sovremennoj nauki. Tomsk. 2008 №2
3. Gordeev V.V. Srednij khimicheskij sostav vzvesi rek mira i pitanie okeanov rechnym osadochnym materialom/ Gordeev V.V., Lisitsyn A.P. // Dokl. AN SSSR. 1978. T. 238. № 1. S. 255-258.
4. Izrael' YU.A. Antropogennaya ehkologiya okeana/ Izrael' YU.A., TSyban' A.V.// -Leningrad:Gidrometeoizdat, 1989.-527s.;
5. Kuksa V.I. YUzhnye morya v usloviyakh antropogennogo stressa/ Kuksa V.I. // SPb: Gidrometeoizdat, 1994. S. 74-149
6. Lisitsyn A.P. Lavinnaya sedimentatsiya/ Lisitsyn A.P.// Lavinnaya sedimentatsiya v okeane. Rostov n/D. 1982. S. 3-59
7. Ostrovskaya E.V. Zakonomernosti perenosa i nakopleniya tyazhelykh metallov v ust'evoy oblasti r.Volgi/ Ostrovskaya E.V.// diss. Kand.geogr.nauk, Moskva, 2000;
8. RD 52.24.467-2008 Massovaya kontsentratsiya margantsa v vodakh. MVI fotometricheskim metodom s formal'doksimom. Rostov-na-Donu 2008
9. Khrustalev YU.P. Osobennosti sedimentogeneza v oblasti vliyaniya rechnogo stoka.// Lavinnaya sedimentatsiya v okeane/ Khrustalev YU.P. // Rostov n/D. 1982. S.59-71., Lisitsyn A.P. Lavinnaya sedimentatsiya.// Lavinnaya sedimentatsiya v okeane. Rostov n/D. 1982. S. 3-59,
10. CHujko E.V. Raspredelenie rastvorennoj i vzveshennoj form TM po vodotokam del'ty r. Volgi/ CHujko E.V., Popova O.V.// Aktual'nye problemy sovremennoj nauki: Tr. 2-go Mezhdunarodnogo foruma (7-j Mezhdunarodnoj konferentsii). Tekhnicheskie nauki. CH.16. EHkologiya.-Samara:Samar.gos.tekhn.un-t.2006.-S.70-73,
11. CHujko E.V. Tyazhelye metally v vodotokakh del'ty r. Volgi/ CHujko E.V., Popova O.V. //Materialy pervoj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh «Kompleksnye issledovaniya biologicheskikh resursov yuzhnykh morej i rek». - Astrakhan': izd-vo KaspNIRKH, 2004.-S. 206-209