

4. Матвиенко О.М. Определитель пресноводных водорослей Украинской ССР / О.М. Матвиенко, Т.В. Догадина. – К. : Наук. думка, 1970. – 730 с.
5. Моллюски / [ Старобогатов Я.И., Прозорова Л.А., Богатов В.В., Саенко Е.М.] // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий [Под общ. ред. С.Я. Цалолыхина]. – С.-Пб. : Наука, 2004. – Т. 6. Моллюски, полихеты, немертины. – С. 9-491.
6. Мовчан Ю.В. Риби України : (визначник-довідник) / Ю.В. Мовчан. – К. : Золоті ворота, 2011. – 444 с.
7. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин. – М. : Пищевая пром-сть, 1966. – 376 с.

#### REFERENCES

1. Metodi gidroekologichnih doslidzhen' poverhnevih vod / O.M. Arsan, O.A. Davidov, T.A. Djachenko ta in. – K. : LOGOS, 2006. – 408 s.
2. Spravochnik gidrohimika: rybnoe hozjajstvo // A.I. Agatova, N.V. Arzhanova, S.S. Vladimirskij i dr. – M. : Agropromizdat, 1991. – 223 s.
3. Guseva K.A. K metodike ucheta fitoplanktona / K.A. Guseva // Trudy in-ta biol. vodohr. – 1959. – Т. 2. – S. 44-51.
4. Matvienko O.M. Opredelitel' presnovodnyh vodoroslej Ukrainskoj SSR / O.M. Matvienko, T.V. Dogadina. – K. : Nauk. dumka, 1970. – 730 s.
5. Molljuskij / [Starobogatov Ja.I., Prozorova L.A., Bogatov V.V., Saenko E.M.]// Opredelitel' presnovodnyh bespozvonochnyh Rossii i sopredel'nyh territorij [Pod obshh. red. S.Ja. Calolihina]. – S.Pb. : Nauka, 2004. – Т. 6. Molljuskij, polihety, nemertiny. – С. 9-491.
6. Movchan Ju.V. Ribi Ukraini : (viznachnik-dovidnik) / Ju.V. Movchan. – K. : Zoloti vorota, 2011. – 444 s.
7. Pravdin I.F. Rukovodstvo po izucheniju ryb (preimushhestvenno presnovodnyh) / I.F. Pravdin. – M. : Pishhevaja prom-st', 1966. – 376 s.

УДК 57:57.04:57.013

## К СТЕПЕНИ ИЗУЧЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОД КАСПИЙСКОГО МОРЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Салахова С.З., Топчиева Ш.А.

*Институт зоологии НАН Азербайджана*

*AZ 1073, Азербайджан, Баку, ул. А.Аббасзаде, проезд 1128, квартал 504*

salahova.samira@gmail.com

shafiga.topchiyeva@mail.ru

Выявлено, что межгодовая динамика и уровень содержания микроэлементов в водной среде напрямую коррелирует с гидрологическим режимом реки и степенью техногенного воздействия, являющейся причиной хозяйственной деятельности.

В результате исследований фоновый уровень концентраций отдельных тяжелых металлов установлено, что основными загрязняющими веществами в воде Каспийского бассейна являются цинк и медь. Их концентрации постоянно превышают рыбохозяйственные ПДК (цинка – 0,01 – 0,05 мкг/г, медь – 0,001 мкг/г). По сравнению с предыдущими годами отмечено уменьшение количества железа от 0,162 мкг/г до 0,141 мкг/г и никеля от 0,033 мкг/г до 0,022 мкг/г связанное с очистительными работами данной местности. На фоне уменьшения загрязнения Каспийского моря отмечено увеличение биомассы организмов – фитопланктона, зоопланктона и бентоса.

*Ключевые слова: тяжелые металлы, Fe, Ni, Hg, As, Cd, Cu, Pb, Zn, предельно-допустимая концентрация, Каспийское море.*

Салахова С.З., Топчиєва Ш.А. ДО СТУПЕНЯ ВИВЧЕНОСТІ ЗАБРУДНЕНИХ ВОД КАСПІЙСЬКОГО МОРЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ / Інститут зоології НАН Азербайджану, AZ 1073, Азербайджан, Баку, ул.А.Аббасзаде, проїзд 1128, квартал 504.

Виявлено, що міжрічна динаміка і рівень вмісту мікроелементів у водному середовищі безпосередньо корелює з гідрологічним режимом річки і ступенем техногенного впливу, що є причиною господарської діяльності.

У результаті досліджень фонового рівня концентрацій окремих важких металів встановлено, що основними забруднюючими речовинами у воді Каспійського басейну є цинк і мідь. Їх концентрації постійно перевищують рибогосподарські ГДК (цинку – 0,01 – 0,05 мг / л, мідь – 0,001 мг / л). У порівнянні з попередніми роками відзначено зменшення кількості заліза від 0,162 мг / л до 0,141 мг / л і нікелю від 0,033 мг / л до 0,022 мг / л пов'язане з очисними роботами цієї місцевості. На тлі зменшення забруднення Каспійського моря відзначено збільшення біомаси організмів – фітопланктону, зоопланктону і бентосу.

*Ключові слова: важкі метали, Fe, Ni, Hg, As, Cd, Cu, Pb, Zn, гранично-допустима концентрація, Каспійське море.*

Salahova S.Z., Topchiyeva Sh.A. OF DEGREE TO STUDYING CONTAMINATION OF WATERS OF CASPIAN SEA BY HEAVY METALS / Institute of Zoology, NAS of Azerbaijan, AZ 1073, Azerbaijan, Baku, A.Abbaszade str., pass.1128, block 504.

The interannual dynamics and the level of the content of microelements in the aquatic environment directly correlates with the hydrological regime of the river and the degree of anthropogenic impact, which is the cause of economic activity. The main sources of pollution of surface waters of the Caspian Sea are: river transport, agriculture, wastewater of cities, settlements and industrial enterprises. Water samples and sediments for analysis carried out during the several year, taking into account hydrological features of the Caspian Sea.

In filtered water after its modification solution of nitric acid was determined the content of heavy metals. The spectral analysis was conducted by the method of Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry on the device Agilent Technologies 7500 Series ICP-MS (7500cx), USA. Data of long-term monitoring of the content of the dissolved forms of metals on the field of «Gurgan Deniz» of Southern Caspian indicate a small accumulation of them in the ecosystem for a long period of time.

The deterioration of the ecological situation in the Caspian Sea at present is the result of anthropogenic activities, including discharges, emissions and disposal of hazardous, radioactive, of harmful and other pollutants, as well as the waste of the sources both in the sea and on land. Over the past 15-20 years in effluent of the main rivers of the Caspian biogenic elements and heavy metals increased by an average almost in 2 times. The sources of pollution of surface waters of the Caspian Sea are – agriculture, river transport, wastewater of cities, towns and industrial plants. The priority pollutants incoming into the surface water, are heavy metals. Complex monitoring allows having reliable and operative information about the quality, exposed to continuous anthropogenic influence on the part of many water users. Therefore, for the Caspian Sea is particularly acute problem of revealing the background concentration levels of individual pollutants in the components of the ecosystem and assess their impact on aquatic organisms.

Purpose and objectives of research – identification and assessment of modern background concentration level of individual pollutants (heavy metals) of the Caspian Sea.

Materials for analysis carried out in the southern part of the Caspian Sea in the field «Gurgan Deniz» according to seasonally from 2011 until now. Water samples were taken using a sampler «Niskin» volume of 10 liters. For taking the soil and sediment using bottom sampler «Van-Veen», with an area of 0.1 m<sup>2</sup>. The samples conserved and sealed in a plastic container in accordance with regulatory requirements. Taken samples were oxidized HNO<sub>3</sub> (k) (65%), followed by five-fold dilution. At an elevated water pollution by petroleum product, during the analysis carried out the process sample preparation, the which basis is the pre-infusion samples in a microwave oven firm Milestone START D (Microwave Digestion System) according to the work procedure DG-EN-20 and DG-EN-39 «Industrial and Wastewater». Certain part of the samples dried in an oven at 105 ° C, homogenized and then comminuted. When the amount of the sample is 5 gram, adding reagents, 6 ml of 65% HNO<sub>3</sub>, 3 ml 37% HCl, 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0,25 ml digestion process is carried out in a microwave oven. Analysis for the qualitative and quantitative content of metals carried out in accordance with approved procedures (EPA 6020 A, ISO17294 «Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry»). In investigated samples determination of metals the analysis results are given unit of measurement mg / L.

In recent years, the major pollutants in the water of the Caspian basin are zinc and copper. Their concentration continuously exceeds the fisheries MPC (zinc 0, 01-0,05mg / L, copper-0,001mg / L).

During investigated period the concentration of trace elements – As, has not changed is within the range 0,002-0,004 mg / L, whereas in the bottom sediments of the average concentrations of lead in the autumn of 2012 to the spring of 2014 decreased to 4,2 mg / kg to 3,5 mg / kg.

In water samples from eight studies of heavy metals as compared with previous years has decreased the amount of iron from 0.162 mg / L to 0,141 mg / L and nickel 0,033 mg / L to 0,022 mg / L, which is connected to the cleaning works in investigated area that continues today.

On the background, reduction of pollution of the Caspian Sea increased the biomass of organisms – phytoplankton, zooplankton and benthos.

*Key words: heavy metals, Fe, Ni, Hg, As, Cd, Cu, Pb, Zn, maximum permissible concentration, Caspian sea.*

## ВВЕДЕНИЕ

Ухудшение состояния экологической ситуации в Каспийском море в настоящее время является результатом антропогенной деятельности, включая сбросы, выбросы и размещение опасных, радиоактивных, вредных и других загрязняющих веществ, а также отходов из источников, находящихся в море и на суше [1]. За последние 15-20 лет в стоках основных рек Каспия биогенные элементы и тяжелые металлы увеличились в среднем почти в 2 раза [2]. Источниками загрязнения поверхностных вод Каспия являются сельское хозяйство, речной транспорт, сточные воды городов, поселков и промышленных предприятий [3]. Приоритетными загрязняющими веществами, поступающими в поверхностные воды, являются тяжелые металлы. Комплексный мониторинг позволяет иметь достоверную и оперативную информацию об этом качестве, подверженном непрерывному антропогенному влиянию со стороны многих водопользователей [4, 5]. Поэтому для Каспийского бассейна особенно остро стоит проблема выявления фонового уровня концентраций отдельных загрязняющих веществ в компонентах экосистемы и оценка их воздействия на гидробионтов.

Цель и задачи исследований – выявление и оценка современного фонового уровня концентраций отдельных поллютантов (тяжелых металлов) Каспийского моря.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалы исследований собирались на протяжении 2011 года до настоящего времени в нефтегазовом месторождении «Гюргян-Дениз» (рис. 1).

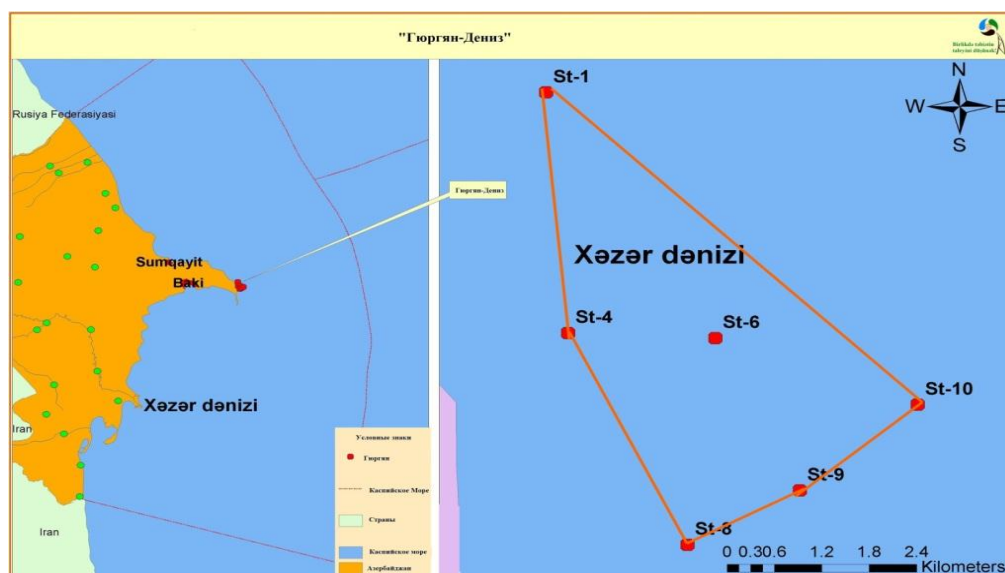


Рис. 1. Схема расположения исследуемых месторождений

Водные пробы брали с помощью 10-литрового батометра «Niskin» для каждой пробы с двукратным повторением. Для взятия грунта и донных отложений использовали дночерпатель «Van-Veen» с площадью 0,1 м<sup>2</sup>. Для полного анализа пробу брали с трехкратным повторением. Взятую пробу окисляли HNO<sub>3</sub>(к) (65%), а затем разбавляли 5 раз. Если вода нефтяная, то в печи Milestone START D (Microwave Digestion System, Italy) первично обрабатывали согласно процедуре DG-EN-20 «Industrial wastewater» (табл. 1).

После разбавления пробы еще раз окисляли 2% HNO<sub>3</sub> и определяли на приборе Agilent Technologies 7500 Series ICP-MS (7500cx), USA. Указанные процессы основываются на EPA Method 6020 A, «Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry». Анализы на качественное и количественное содержание металлов были проведены по утвержденным методикам (EPA 6020 A, ISO17294 «Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry»).

Таблица 1 – Физические параметры печи фирмы Milestone START D

Шаг	Время	Температура	Мощность
1	10 минут	220 ° C	До 1000 Ватт
2	20 минут	220 ° C	До 1000 Ватт

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В течение каждого сезона с 2012 по 2014 гг. работы в месторождении «Гюргян-Дениз» проводились примерно на 15-17 станциях. Пробы отбирались с поверхностного и придонного горизонтов, за сезон анализировалось порядка 50-60 проб воды и донных отложений. В таблицах 2-4 представлены данные концентрации металлов Fe, Ni, Hg, As, Cd, Cu, Pb, Zn по исследованным периодам.

Таблица 2 – Количество тяжелых металлов на станции «Гюргян-Дениз» (май 2012, мкг/г)

№ п/п	Глубина, м	Fe	Ni	Hg	As	Cd	Cu	Pb	Zn
1	1,5	0,152	0,0032	<0,0001	0,003	0,0002	0,0029	0,0007	0,0134
4	2,0	0,158	0,0033	<0,0001	0,003	0,0002	0,0038	0,0006	0,0140
6	2,5	0,154	0,0032	<0,0001	0,002	0,0001	0,0031	0,0007	0,0139
8	1,5	0,149	0,0031	<0,0001	0,004	0,0002	0,0030	0,0010	0,0141
9	2,5	0,159	0,0031	<0,0001	0,002	0,0002	0,0032	0,0011	0,0139
10	2,5	0,162	0,0029	<0,0001	0,002	0,0003	0,0033	0,0008	0,0140

Таблица 3 – Количество тяжелых металлов на станции «Гюргян-Дениз» (декабрь 2013, мг/л)

№ п/п	Глубина, м	Fe	Ni	Hg	As	Cd	Cu	Pb	Zn
1	1,5	0,158	0,0031	<0,0001	0,004	0,0002	0,0027	0,0007	0,0128
4	2,0	0,162	0,0032	<0,0001	0,003	0,0002	0,0039	0,0009	0,0137
6	2,5	0,153	0,0033	<0,0001	0,003	0,0002	0,0032	0,0009	0,0144
8	1,5	0,155	0,0033	<0,0001	0,004	0,0003	0,0033	0,0010	0,0151
9	2,5	0,158	0,0032	<0,0001	0,002	0,0002	0,0035	0,0011	0,0148
10	2,5	0,161	0,0032	<0,0001	0,004	0,0002	0,0038	0,0008	0,0146

Таблица 4 – Количество тяжелых металлов на станции «Гюргян-Дениз» (июнь 2014, мг/л)

№ п/п	Глубина, м	Fe	Ni	Hg	As	Cd	Cu	Pb	Zn
1	1,5	0,144	0,0028	<0,0001	0,004	0,0001	0,0028	0,0004	0,0128
4	2,0	0,149	0,0029	<0,0001	0,003	0,0002	0,0034	0,0004	0,0135
6	2,5	0,148	0,0024	<0,0001	0,002	0,0002	0,0027	0,0005	0,0134
8	1,5	0,141	0,0026	<0,0001	0,004	0,0002	0,0026	0,0009	0,0131
9	2,5	0,152	0,0023	<0,0001	0,003	0,0001	0,0025	0,0011	0,0131
10	2,5	0,154	0,0022	<0,0001	0,002	0,0002	0,0029	0,0008	0,0137

*Железо* – средние аналитические концентрации железа в воде с 2012 по 2014 год уменьшились с 0,158 мкг/г до 0,148 мкг/г. Максимальные концентрации летом 2012 года достигли 0,162 мкг/г, минимальные – 0,149 мкг/г. В декабре 2013 года максимальная концентрация была одинаковой – 0,162 мкг/г однако минимальная концентрация увеличилась и составила 0,153 мкг/г. Самые низкие концентрации наблюдаемые периоды зафиксированы летом 2014 года, когда средние концентрации составили 0,148 мкг/г, (максимум – 0,154 мкг/г, минимум 0,141 мкг/г). Такое понижение концентраций объясняется увеличением водности рек, впадающих в Каспийское море.

Средние концентрации железа в донных отложениях осенью 2012 и летом 2013 составляли соответственно 23274,3 – 2042,5 мг элемента на 1 кг сухих донных отложений. Весной 2014 года средняя концентрация железа снизилась до 1984,2 мг/кг. Максимальные концентрации железа уменьшились с 27148 мг/кг в 2012 году до 19113 мг/кг в 2014 году. Осенью 2013 года и весной 2014 максимумы были примерно равны. Минимальные концентрации имеют тенденцию к уменьшению.

*Никель* – динамика концентраций никеля в воде несколько иная, в целом с 2012 по 2014 год средние концентрации изменялись от 0,0025 мкг/г до 0,0032 мкг/г. Максимальные концентрации в 2012 и 2013 годах были одинаковыми – 0,0033 мкг/г, а минимальные – 0,0029 мкг/г и 0,0031 мкг/г. Концентрации никеля летом 2014 года изменялись от 0,0022 мкг/г до 0,0029 мкг/г.

Результаты анализа показали, что количество никеля в донных отложениях несколько убывает от 66 мг/кг на глубине 4 метров до 51 мг/кг на глубине 5 метров. Среднее содержание этого элемента в грунтах исследуемого месторождения составляет 61,99 мг/кг.

*Мышьяк* – средние концентрации мышьяка с лета 2012 по 2014 год практически не менялись и составляли 0,002 мкг/г – 0,009 мкг/г. Так максимальные концентрации не превышали уровня предельно допустимой концентрации (ПДК) для рыбохозяйственной деятельности, а минимальные концентрации оказались низкими (0,002 мкг/г). Средние концентрации мышьяка с осени 2012 года по весну 2014 года изменялись и составляли 0,575 мг/кг – 0,516 мг/кг. Максимальные значения в исследуемый период составляли около 0,72 мг/кг.

*Кадмий* – средние концентрации кадмия в воде за период исследований почти не изменялись (от 0,0001 мг/л до 0,0003 мкг/г) и не превышали как ПДК рыбхоз (0,5 мкг/л), так и ПДК для воды (1 мкг/г).

Средние концентрации кадмия в донных отложениях не превышали 0,33 мг/кг и увеличивались от 0,33 мкг/г до 0,39 мг/кг. В целом концентрации за исследуемый период варьировали от 0,25 мг/кг до 0,43 мг/кг.

*Медь* – средние аналитические концентрации меди в воде с 2012 по 2014 год уменьшились с 0,0034 мкг/г до 0,0028 мкг/г. Максимальные концентрации летом 2012 года достигли 0,0038 мкг/г, минимальные – 0,0029 мкг/г. В декабре 2013 года максимальные и минимальные концентрации были практически одинаковыми 0,0039 мкг/г и 0,0027 мкг/г. Самые низкие концентрации за наблюдаемые периоды зафиксированы летом 2014 года, где средние концентрации составили 0,0028 мкг/г (максимум – 0,0034 мкг/г, минимум 0,0025 мкг/г). Средние концентрации меди в донных отложениях не превышали 37,75 мг/кг и изменялись в пределах от 35 мкг/г до 40,5 мг/кг. В целом концентрации за исследуемый период варьировали от 31 мг/кг до 45 мг/кг.

*Свинец* – средние концентрации свинца в воде с мая 2012 по июнь 2014 года уменьшились с 0,0009 мкг/г до 0,0006 мкг/г. Минимальные значения с 2012 по 2013 год варьировали от 0,0006 мкг/г до 0,0007 мкг/г. Летом 2014 года содержание свинца в воде исследуемых месторождений уменьшилось до 0,0004 мкг/г. Максимальные концентрации с 2012 по 2014 год оставались одинаковыми – 0,0011 мкг/г.

Средние концентрации свинца в донных отложениях с осени 2012 года по весну 2014 года снизились с 4,2 мг/кг до 3,5 мг/кг. Минимальные значения с 2012 по 2014 год варьировали от 3,0 мг/кг до 3,8 мг/кг.

*Цинк* – динамика концентраций цинка в воде несколько иная, в целом с 2012 по 2014 год средние концентрации изменялись от 0,0142 мкг/г до 0,0132 мкг/г. Максимальная концентрация в 2012 году составляла 0,0141 мкг/г, а минимальная – 0,0128 мкг/г. Концентрации цинка летом 2014 года менялись в пределах от 0,0128 мкг/г до 0,0137 мкг/г.

Содержание цинка в грунтах увеличивалось в порядке возрастания глубины, и составляло 68 мг/кг. Среднее содержание этого элемента в донных отложениях на нефтегазовом месторождении «Гюгян-Дениз» составляло 62,915 мг/кг.

*Ртуть* – за период исследований концентрация ртути в воде не превышала значения <0,0001 мг/л и не превышала ПДК для рыбхоз (1 мкг/г). В донных отложениях содержание ртути изменялось в интервале от 0,004 мг/кг до 0,010 мг/кг (рис. 2).

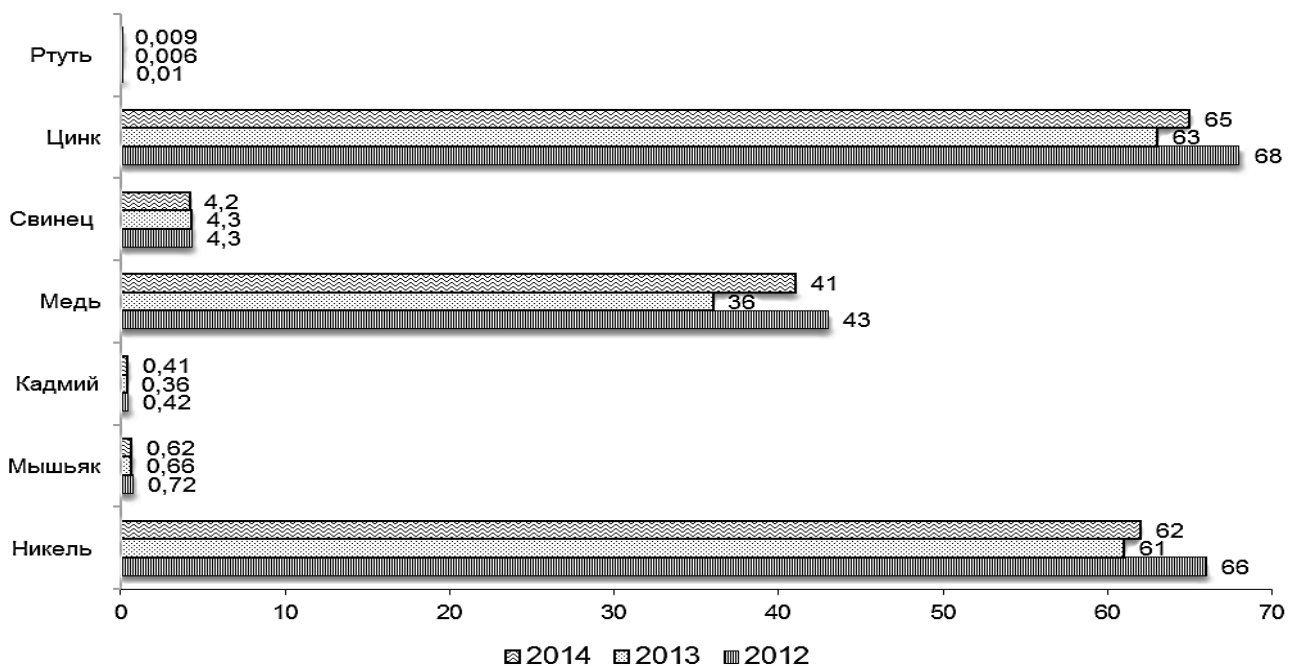


Рис. 2. Динамика концентраций тяжелых металлов в донных отложениях на нефтегазовом месторождении «Гюрган-Дениз» (мг/кг)

Из проведенных исследований вытекает, что межгодовая динамика и уровень содержания микроэлементов в водной среде напрямую коррелирует с гидрологическим режимом реки и степенью техногенного воздействия, являющейся причиной хозяйственной деятельности человека.

Можно констатировать, что основными загрязняющими веществами в воде Каспийского бассейна являются цинк и медь, концентрации которых постоянно превышают рыбохозяйственные ПДК (Zn 0,01 – 0,05 мкг/г, Cu – 0,001 мкг/г). Однако выявлено, уменьшение количества Fe (от 0,162 мкг/г до 0,141 мкг/г) и Ni (от 0,033 мкг/г до 0,022 мкг/г), вероятно связанное с очистительными работами в данной местности.

В перспективах дальнейших исследований предстоит выявить уменьшение или увеличение тех или иных тяжелых металлов, приводящее к загрязнению Каспийского моря, а также влияющее на биомассу водных организмов – фитопланктона, зоопланктона и бентоса.

## ВЫВОДЫ

1. В последние годы основными загрязняющими веществами в воде Каспийского бассейна являются цинк и медь. Их концентрации постоянно превышают рыбохозяйственные ПДК (цинк – 0,01 – 0,05 мкг/г, медь – 0,001 мкг/г).
2. За исследованный период концентрация микроэлемента – As, не изменилась и находится в интервале 0,002 – 0,004 мкг/г.
3. В образцах исследований из 8 тяжелых металлов по сравнению с предыдущими годами уменьшилось количество железа от 0,162 мкг/г до 0,141 мкг/г и никеля от 0,033 мкг/г до 0,022 мкг/г, что связано с очистительными работами в данной местности, которые продолжаются и в настоящее время.
4. На фоне уменьшения загрязнения Каспийского моря увеличилась биомасса организмов – фитопланктона, зоопланктона и бентоса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Власенко А.Д. Оценка запасов промысловых рыб в Каспийском бассейне / А.Д. Власенко // Первый конгресс ихтиологов России: тезисы докл., Астрахань, сентябрь 1997 г. – М., 1997. – С. 411.
2. Комплексное экологическое исследование Азовского моря (по итогам экспедиции ММБИ на э/с «Гидрофизик», сентябрь 1997 г.) / [Матишов Г.Г., Макаревич П.Р., Матишов Д.Г. и др.]. – Мурманск, 1998. – С. 61.
3. Пурмаль А.П. Антропогенная токсикация планеты / А.П. Пурмаль // Химия. – 1998. – С. 39-51.
4. Серебрякова О.А. Геоэкологические свойства нефтей новых месторождений Каспийского моря / О.А. Серебрякова // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 3 (46). – С. 103-113
5. Бутовский Р.О. Тяжелые металлы как техногенные химические загрязнители и их токсичность для почвенных беспозвоночных животных / Р.О. Бутовский // Агрохимия. – 2005. – № 4. – С. 73-91.

## REFERENCES

1. Vlasenko A.D. Ocenka zapasov promyslovyh ryb v Kaspijskom bassejne / A.D. Vlasenko // Pervyj kongress ihtiologov Rossii: tezisy dokl., Astrahan', sentjabr' 1997 g. – M., 1997. – S. 411.
2. Kompleksnoe jekologicheskoe issledovanie Azovskogo morja (po itogam jekspedicii MMBI na je/s «Gidrofizik», sentjabr' 1997 g.) / [Matishov G.G., Makarevich P.R., Matishov D.G. i dr.]. – Murmansk, 1998. – S. 61.
3. Purmal' A.P. Antropogennaja toksikacija planety / A.P. Purmal' // Himija. – 1998. – S. 39-51.
4. Serebrjakova O.A. Geojekologicheskie svojstva neftej novyh mestorozhdenij Kaspijskogo morja / O.A. Serebrjakova // Geologija, geografija i global'naja jenergija. – 2012. – № 3 (46). – S. 103 –113.
5. Butovskij R.O. Tjzhelye metally kak tehnogennye himicheskie zagraznители i ih toksichnost' dlja pochvennyh bespozvonochnyh zhivotnyh / R.O. Butovskij // Agrohimiya. – 2005. – № 4. – S. 73-91.