

Характеристика загрязнения тяжелыми металлами вод Кольского залива по данным исследования 2001-2004 гг.

В.И. Кудасов

Апатитский филиал МГТУ, кафедра геоэкологии

Аннотация. В статье приведены результаты исследования загрязнения вод Кольского залива тяжелыми металлами. Определен мозаичный характер в распределении металлов. Воды Кольского залива загрязнены ртутью, свинцом, железом, никелем, медью, концентрация которых в ряде случаев превышала ПДК. Наряду с этим установлено заметное снижение содержания ряда тяжелых металлов за период исследования.

Abstract. The results of the research of Kola Bay water contamination by heavy metals have been considered. The mosaic character of heavy metals' distribution has been determined. The Kola Bay water has been polluted by mercury, lead, iron, nickel, copper which concentration exceeds the Russian limited permissible concentrations. At the same time the decrease of some heavy metals' content has been established during the research period.

1. Введение

Кольский залив привлекает повышенное внимание как возможный источник химического загрязнения Баренцева моря и всего Северного Ледовитого океана. По концентрации населения, масштабам промышленной, транспортной и военной деятельности и, следовательно, по совокупности антропогенных воздействий на морскую среду этот участок побережья не имеет себе равных в российской и зарубежной Арктике. Являясь водоемом первой рыбохозяйственной категории, залив, к тому же, – классический пример резервуара, служащего в течение десятилетий для сброса сточных вод промышленных и коммунальных предприятий Мурманска и прибрежных населенных пунктов (*Антропогенное воздействие...*, 1991). Кроме того, загрязнение Кольского залива Баренцева моря является серьезной экологической проблемой, т.к. из-за низкой температуры процесс самоочищения в нем затруднен (*Кольский залив...*, 1997).

Экосистема любого региона представляет собой единство множества элементов, тесно связанных между собой. Неорганический минеральный, растительный и животный миры находятся в тесном контакте и постоянной зависимости друг от друга. Любое воздействие на отдельные компоненты может привести к серьезным нарушениям равновесий элементов экосистем и тяжелым, зачастую непоправимым, последствиям для жизни. Источником таких воздействий все активнее выступает деятельность человека, в первую очередь, связанная с выбросами в окружающую среду различных токсических микроэлементов (*Проблемы экологической...*, 1998).

Загрязнение морской среды различными токсическими веществами антропогенного происхождения приводит к существенным нарушениям физико-химического состава природных вод, оказывает отрицательное воздействие на морские организмы и морские экосистемы в целом (*Савинова*, 1990). Разнообразие и большая численность загрязняющих веществ делают практически невозможным контроль содержания каждого из них в объектах окружающей среды. Поэтому среди множества химических веществ выделяют те, которые производятся в крупных масштабах и которые представляют особую опасность для различных экосистем. Эту группу веществ называют приоритетными загрязняющими веществами окружающей среды. Странами ООН, участвующими в мероприятиях по улучшению и охране окружающей среды, согласован общий перечень наиболее важных (приоритетных) веществ, загрязняющих биосферу. К их числу обычно относят и соединения тяжелых металлов (*Комплексные исследования...*, 2004).

Механизмы и причины биоаккумуляции тяжелых металлов до конца не выявлены, но существуют доказательства наличия серьезных поражений у организмов, содержащих высокие концентрации металлов. Это – патология кровяной плазмы у рыб, поражение жаберной мембраны, гистопатология тканей. Кроме того, присутствие в воде высоких концентраций меди и цинка снижает резистентность у рыб, вызывая эпидемические заболевания. Некоторые токсичные металлы производят прямое действие на хромосомы, вызывая генетические повреждения гидробионтов (*Cooperative Research Report...*, 1978).

В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы, связанные с определением состояния загрязнения вод Кольского залива тяжелыми металлами. Оценка этого состояния и является целью данной работы.

2. Объекты и методы исследования

В работе были использованы данные наблюдений, выполненных в 2001-2004 гг. на станциях Государственной наблюдательной сети в морских прибрежных водах Баренцева моря на территории деятельности Мурманского УГМС. Пробы воды для анализа отбирались в 16 точках согласно ГОСТ 17.1.3.08.82 (рис. 1). Химический анализ проб воды производился в соответствии с РД 52.10.243-92 (*Руководство по химическому анализу...*, 1993).

Ртуть определялась в поверхностном горизонте в мае и сентябре 2001 г., мае и сентябре 2002 г. В апреле и октябре 2003 г., апреле и ноябре 2004 г. определение ртути проводилось в поверхностном и придонном горизонте.

Железо и никель определялись в поверхностном и придонном горизонте в мае и сентябре 2001 г., мае и сентябре 2002 г., мае и октябре 2003 г., апреле и ноябре 2004 г.

Определение свинца, кадмия, меди в Кольском заливе проводилось в мае и сентябре 2001 г. в поверхностном и придонном горизонте. В мае и сентябре 2002 г., в мае и октябре 2003 г., в апреле и ноябре 2004 г. определение свинца, кадмия и меди проводилось в поверхностном горизонте, на глубине 10 метров и в придонном горизонте.

Кадмий, медь, свинец, никель определялись непламенным атомно-абсорбционным методом определения общего содержания тяжелых металлов в растворенном состоянии. Метод заключается в разложении металлоорганических соединений кипячением пробы с соляной кислотой и персульфатом аммония с последующей нейтрализацией пробы, экстракции комплексов металлов с диэтилдитиокарбаматом натрия (НДДК) в тетрахлорметан, реэкстракции в кислый раствор и окончательном определении их содержания методом непламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

Для определения железа и марганца использовался непламенный атомно-абсорбционный метод определения общего содержания растворенных железа, марганца и хрома. Метод основан на прямом анализе проб морской воды (в случае железа – с предварительным разбавлением) на атомно-абсорбционном спектрофотометре с непламенной атомизацией.

Ртуть определялась методом непламенной атомной абсорбции. Сущность метода заключается в том, что в профильтрованной через мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм и подкисленной пробе морской воды разрушают все растворенные формы ртути до ионов с помощью перманганата калия и персульфата калия при нагревании. Ионы ртути восстанавливают двуххлористым оловом до металлической ртути, которую концентрируют выдуванием потоком очищенного воздуха в поглотительную ловушку с азотнокислым раствором перманганата калия, окисляющим металлическую ртуть. Ловушку подсоединяют к ртутному анализатору, удаляют окислитель гидросиламином, а ионы ртути восстанавливают двуххлористым оловом до металлической ртути. Ртутные пары выдувают в газовую кювету анализатора, где они поглощают УФ-излучение с длиной волны 253,7 нм, изменение интенсивности которого пропорционально концентрации ртути.

3. Результаты обсуждения

3.1. Ртуть

За весь период исследования содержание ртути в водах Кольского залива не превышали предельно-допустимых концентраций или были ниже предела определения (ПДК ртути для морских водоемов рыбохозяйственного значения – 0,1 мкг/л). Исключение составляют данные отбора в сентябре 2002 г., когда концентрации ртути превышали ПДК в точках № 3, 4, 10, 11 (рис. 2).

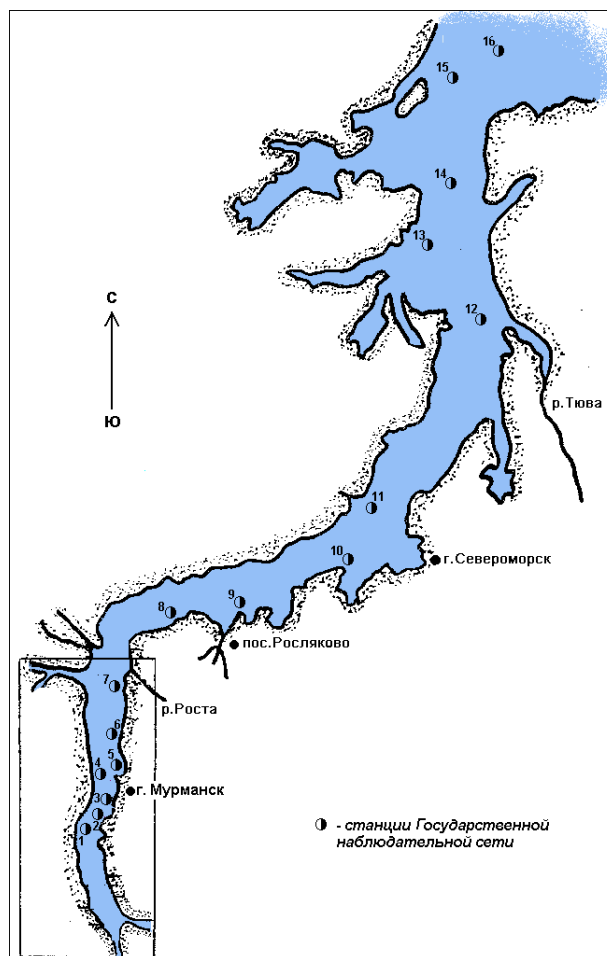


Рис. 1. Карта-схема точек отбора тяжелых металлов в Кольском заливе

В 2001 г. содержание ртути в Кольском заливе не превышало ПДК и варьировало в пределах от 0 до 0,04 мкг/л. Максимальные значения (0,04 мкг/л) отмечались в точках отбора № 11 и № 16.

В 2003 и 2004 гг. отбор производился с поверхностного и придонного горизонтов. Результаты отбора показывают, что содержание ртути не превышало ПДК и ее концентрации составляли от 0 до 0,05 мкг/л в 2003 г. и от 0 до 0,02 мкг/л в 2004 г. Максимальные значения (0,04-0,05 мкг/л) отмечались в придонном горизонте в октябре 2003 г. в точках отбора №№ 7, 12, 15.

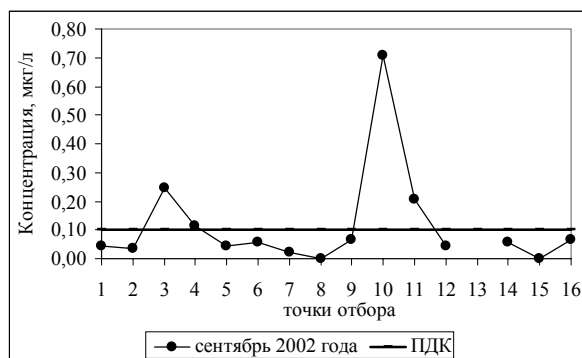


Рис. 2. Содержание ртути в поверхностном горизонте по данным отбора в сентябре 2002 г.

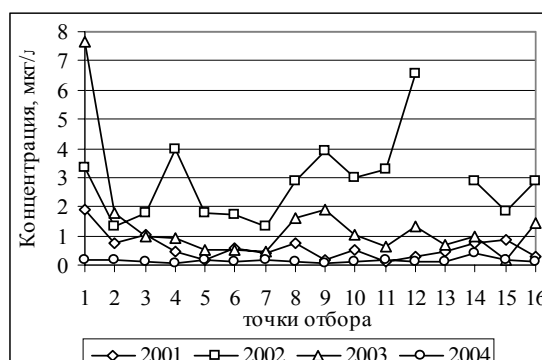


Рис. 3. Среднее содержание свинца в поверхностном горизонте Кольского залива

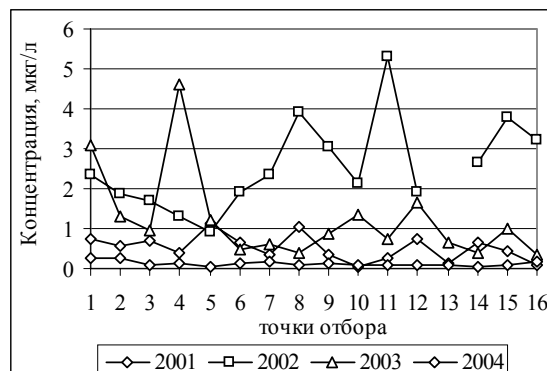


Рис. 4. Среднее содержание свинца в придонном горизонте Кольского залива

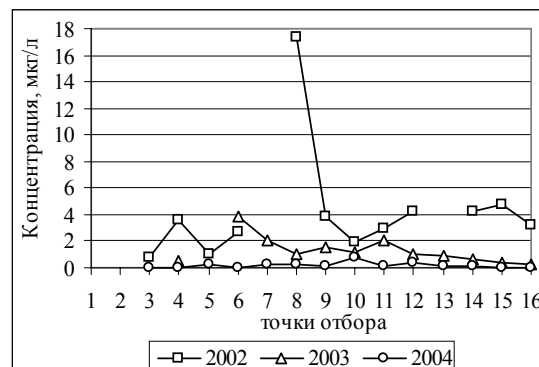


Рис. 5. Среднее содержание свинца в Кольском заливе на глубине 10 м

3.2. Свинец

Распределение свинца в водах Кольского залива носит мозаичный характер как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. На рис. 3-5 видно, что средние значения не превышали ПДК (ПДК для прибрежных вод морей рыбохозяйственного значения – 10 мкг/л). Однако в 2002 и 2003 гг. отмечались отдельные значения, превышающие ПДК в 1-2 раза.

Максимальные значения отмечались в 2002 г. и варьировали в пределах от 0,7 до 17,4 мкг/л. Превышение ПДК наблюдалось в сентябре в точках отбора № 8 (на глубине 10 м) и № 12 (поверхностный горизонт), в которых концентрации свинца составляли соответственно 17,4 мкг/л (1,7 ПДК) и 11,8 мкг/л (1,2 ПДК).

В 2003 г. концентрации не превышали 4,0 мкг/л, за исключением точки № 1 (поверхностный горизонт) – 12 мкг/л (1,2 ПДК) и точки № 4 (придонный горизонт) – 7,4 мкг/л (0,7 ПДК).

В 2001 и 2004 гг. содержание свинца в водах Кольского залива не превышало ПДК, и максимальные значения составляли в 2001 – 3,5 мкг/л, в 2004 – 1,43 мкг/л.

3.3. Железо

В целом содержание железа в Кольском заливе носит мозаичный характер, как по вертикали, так и по горизонтали. В его распределении прослеживается незначительное снижение концентраций от вершины к устьевой части Кольского залива. Сезонный ход практически не выражен.

Максимальное содержание железа отмечалось в 2001 г. В поверхностном горизонте концентрация варьировала в пределах 193-858 мкг/л, в придонном – от 239 до 752 мкг/л. Максимальные значения превышали ПДК в 15-17 раз (ПДК железа для морских водоемов рыбохозяйственного значения – 50 мкг/л).

В 2002 г. происходит снижение содержания железа в Кольском заливе. В поверхностном горизонте концентрации составляли 41-516 мкг/л. В придонном горизонте они изменялись в более широких пределах: от 7 до 820 мкг/л. Экстремальные значения, за исключением точек отбора № 7 и № 8 в придонном горизонте, где концентрации составляли 820 и 719 мкг/л соответственно, были на уровне 9-11 ПДК.

В 2003 г. концентрация железа варьировала в поверхностном горизонте в пределах 21-343 мкг/л, в придонном – от 13 до 136 мкг/л. Максимальные концентрации, за исключением одного значения (точка отбора № 2 в поверхностном горизонте), были на уровне 1-3 ПДК.

В 2004 г. средние концентрации не превышали ПДК, а максимальные были на уровне 1-2 ПДК.

На рис. 6-7 явно прослеживается снижение концентраций железа в водах Кольского залива за весь период исследования с 2001 по 2004 гг.

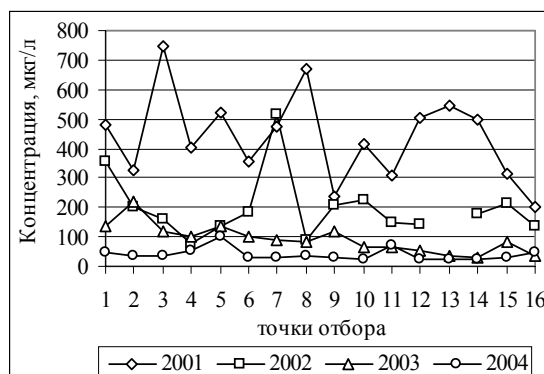


Рис. 6. Динамика содержания железа в поверхностном горизонте Кольского залива

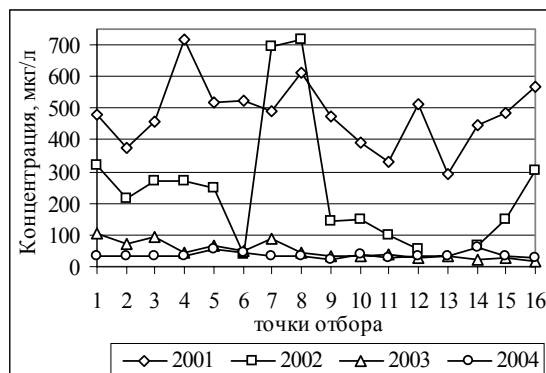


Рис. 7. Динамика содержания железа в придонном горизонте Кольского залива

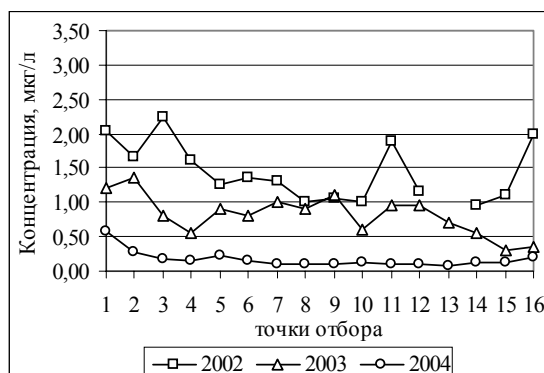


Рис. 8. Среднее содержание никеля в поверхностном горизонте Кольского залива по данным исследования 2002-2004 гг.

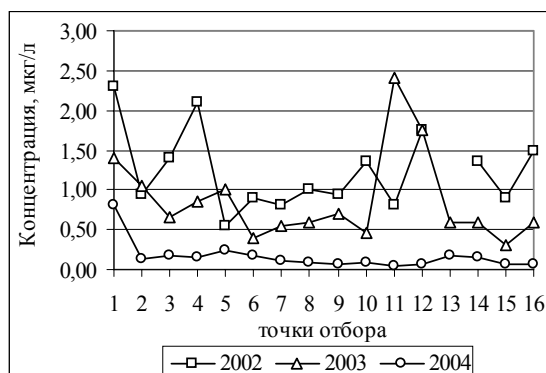


Рис. 9. Среднее содержание никеля в придонном горизонте Кольского залива по данным исследования 2002-2004 гг.

3.4. Никель

За весь период исследования содержание никеля в Кольском заливе превышало ПДК только в мае 2001 г. в точке отбора № 11 (ПДК никеля для прибрежных вод морей рыбохозяйственного значения – 10 мкг/л), что, скорее всего, свидетельствует о кратковременном, локальном загрязнении вод. В поверхностном горизонте в этой точке концентрация составила 13,4 мкг/л (1,3 ПДК) и 23,4 мкг/л (2,3 ПДК) – в придонном горизонте.

На рис. 8 и 9 показано среднее содержание никеля в Кольском заливе в 2002-2004 гг. Из диаграмм явно прослеживается постепенное снижение концентраций никеля в водах Кольского залива как в поверхностном, так и в придонном горизонтах. В содержании прослеживается мозаичный характер распределения никеля в водах Кольского залива. В целом за период с 2002 по 2004 гг. концентрации никеля в Кольском заливе были заметно ниже предельно допустимых концентраций.

3.5. Кадмий

Распределение кадмия в водах Кольского залива также носит мозаичный характер. За весь период исследования максимальные значения кадмия в водах Кольского залива были на порядок ниже ПДК (ПДК кадмия для прибрежных вод морей рыбохозяйственного значения – 10 мкг/л).

В 2001 г. концентрации кадмия варьировали в пределах от 0 до 0,4 мкг/л, с максимальными значениями в точке № 15 (0,4 мкг/л в поверхностном горизонте, 0,3 мкг/л – в придонном).

В 2002 г. концентрации составляли 0,03-0,66 мкг/л. Максимальные концентрации (0,5-0,66 мкг/л) отмечались в сентябре в точках отбора №№ 1, 11, 14, 15.

В 2003 г. концентрации кадмия в Кольском заливе изменялись в пределах от 0 до 0,63 мкг/л. В мае максимальные значения отмечались в поверхностном горизонте точках № 11 и № 14 и составляли 0,54 и 0,63 мкг/л соответственно. В сентябре максимальные значения отмечались в поверхностном горизонте в точке № 8 (0,52 мкг/л) и в придонном горизонте в точке отбора № 6 (0,59).

В 2004 г. содержание кадмия в водах Кольского залива было минимальным, и концентрации не превышали 0,14 мкг/л.

3.6. Марганец

В 2001 г. содержание марганца варьировало в мае от 8,9 до 35 мкг/л, в сентябре от 9,4 до 48 мкг/л, что не превышало предельно-допустимой концентрации. Однако максимальные значения были на уровне 1 ПДК (ПДК марганца для прибрежных вод морей рыбохозяйственного значения – 50 мкг/л).

В мае 2002 г. концентрации марганца были в пределах 0,9-29 мкг/л, за исключением значения в придонном горизонте точки отбора № 7, равного 72,9 мкг/л (1,5 ПДК). В сентябре в южной части залива (точка отбора № 1-7) концентрации марганца были максимальными за весь период исследования, и экстремальные значения превышали предельно-допустимые концентрации в 2-7 раз, причем ПДК превышались как в поверхностном горизонте, так и в придонном и на глубине 10 м. В точках отбора № 8-16 концентрации изменялись в пределах 1,6-17,1 мкг/л и были заметно ниже ПДК.

В 2003 г. превышения ПДК марганца в водах Кольского залива не наблюдалось. В мае содержание изменялось в пределах 2,4-15,6 мкг/л. В октябре концентрации варьировали от 1,5 до 13,4 мкг/л.

В 2004 г. содержание марганца также не превышало предельно-допустимых концентраций. В апреле концентрации составляли 3,6-20,0 мкг/л. В ноябре марганец распределялся в Кольском заливе более равномерно, и его содержание изменялось в пределах 2,1-7,6 мкг/л.

Распределение марганца в водах Кольского залива носит мозаичный характер как по вертикали, так и по горизонтали. Его содержание снижается на протяжении 2001-2004 гг., и только в сентябре 2002 г. в точках отбора № 1-7 отмечается резкое увеличение концентраций (рис. 10, 11).

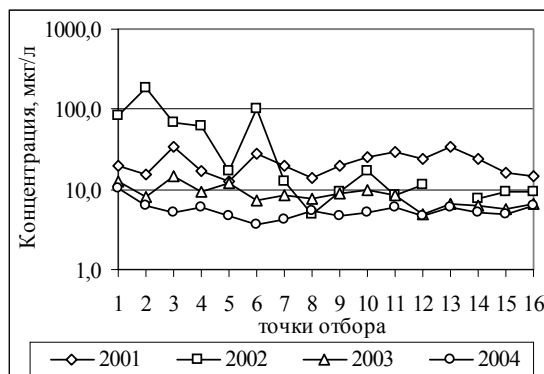


Рис. 10. Среднее содержание марганца в поверхностном горизонте Кольского залива по данным наблюдения 2001-2004 гг.

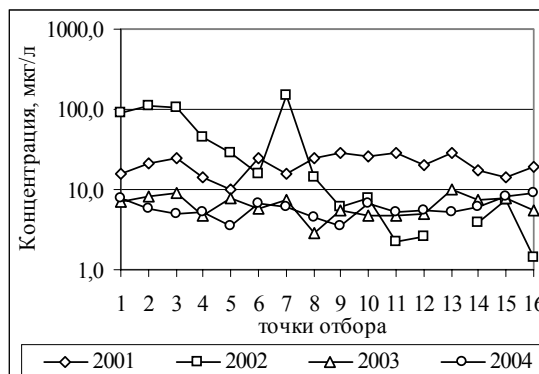


Рис. 11. Среднее содержание марганца в придонном горизонте Кольского залива по данным наблюдения 2001-2004 гг.

3.7. Медь

Наибольшее загрязнение медью вод Кольского залива отмечалось в мае 2001 г., когда превышение предельно-допустимых концентраций носило повсеместный характер. Концентрации в это время варьировали в пределах от 3,9 до 10,5 мкг/л, т.е. находились на уровне 1-2 ПДК (ПДК меди для прибрежных вод морей рыбохозяйственного значения – 5 мкг/л).

В сентябре 2001 г. концентрации были заметно ниже и не превышали ПДК, за исключением значения в точке отбора № 8 в поверхностном горизонте, которое было максимальным за весь период исследования и составляло 25 мкг/л, т.е. было на уровне 5 ПДК.

В мае 2002 г. концентрации меди были в пределах 0-8,7 мкг/л. Превышение предельно-допустимых концентраций отмечалось в точках отбора № 1 (в поверхностном горизонте – 5,6 мкг/л, в придонном – 7,5 мкг/л), № 5 (в поверхностном горизонте – 8,7 мкг/л), № 12 (в поверхностном горизонте – 4,8 мкг/л, в придонном – 6,5 мкг/л). В сентябре 2002 г. концентрации меди в Кольском заливе

варьировали в пределах от 0,2 до 7,5 мкг/л. Максимальные концентрации отмечались в поверхностном горизонте в точках отбора №№ 2, 6, 16 (6,8 мкг/л, 7,3 мкг/л и 7,5 мкг/л соответственно), на глубине 10 м в точке № 16 (5,4 мкг/л) и в придонном горизонте в точках №№ 2, 10 (5,2 мкг/л).

В мае 2003 г. концентрации меди были в пределах 0,10-11,5 мкг/л. Максимальные концентрации превышали ПДК в 1-2 раза. В октябре 2003 г. содержание меди в водах Кольского залива составляло от 1,0 до 9,4 мкг/л. Превышения ПДК отмечались в придонном горизонте в точках отбора №№ 2, 5, 11, 14 (7,1 мкг/л, 9,4 мкг/л, 7,5 мкг/л и 5,1 мкг/л соответственно), на глубине 10 м в точке отбора № 7 (6,3 мкг/л).

В 2004 г. содержание меди в водах Кольского залива не превышали 3,0 мкг/л за исключением значений, полученных в апреле в поверхностном горизонте в точках отбора №№ 1, 5 (6,3 мкг/л и 4,9 мкг/л).

В целом распределение меди в Кольском заливе, как и многих других тяжелых металлов, носит мозаичный характер. Максимальное загрязнение вод Кольского залива отмечалось в 2001 и 2003 гг. В 2004 г. происходит заметное снижение содержания меди, и, за исключением отдельных значений, концентрации были намного ниже предельно-допустимых. Это снижение концентраций наглядно показано на рис. 12.

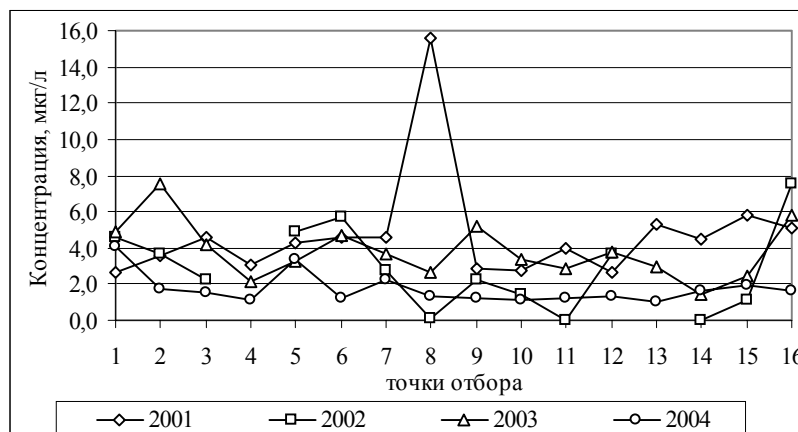


Рис. 12. Среднее содержание меди в поверхностном горизонте Кольского залива по данным наблюдения 2001-2004 гг.

4. Заключение

На основании исследования вод Кольского залива установлено, что распределение тяжелых металлов носит мозаичный характер.

Концентрации ряда тяжелых металлов в водах залива были выше предельно-допустимых концентраций прибрежных вод морей рыбохозяйственного значения. Максимальные значения были на уровне: ртути – 7 ПДК, свинца – 2 ПДК, железа – 17 ПДК, никеля – 2 ПДК, марганца – 7 ПДК, меди – 3 ПДК.

За период с 2001 по 2004 гг. происходит снижение содержания железа, марганца, никеля, меди в водах Кольского залива.

Литература

- Cooperative Research Report on the feasibility of effects monitoring. N 75 – ICES, Denmark, 1978.
- Антропогенное воздействие на экосистемы рыбохозяйственных водоемов Севера. Сборник научных трудов. Мурманск, ПИНРО, 206 с., 1991.
- Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты. Коллектив авторов. Аналиты, КНЦ РАН, 265 с., 1997.
- Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей северо-европейского бассейна (проект программы "Исследования природы Мирового океана" федеральной целевой программы "Мировой океан"). Аналиты, КНЦ РАН, вып. 1, 557 с., 2004.
- Проблемы экологической токсикологии. Петрозаводск, изд-во "Петрозаводск", 165 с., 1998.
- Руководство по химическому анализу морских вод (РД 52.10.243 – 92). СПб., Гидрометеиздат, 264 с., 1993.
- Савинова Т.Н. Химическое загрязнение северных морей. Аналиты, КНЦ РАН, ММБИ, 146 с., 1990.