



УДК 504.064/.4.054

## ОЦЕНКА ВКЛАДА ВОДООБМЕНА И ВНУТРИВОДОЕМНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАГРЯЗНЕНИЕ МОРСКОЙ СРЕДЫ НА ЛИЦЕНЗИОННОМ УЧАСТКЕ «ЛАГАНСКИЙ»

© Монахов С.К., Бутаев А.М.

ГУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр»,  
Дагестанский научный центр РАН

Приведено описание предложенного авторами метода расчета фоновой концентрации загрязняющих веществ в морской воде и донных отложениях. На основе сравнительного анализа сезонных изменений средней и фоновой концентрации дана оценка вклада водообмена и внутриводоемных процессов в загрязнение морской среды на лицензионном участке «Лаганский».

The article describes the method for the calculation of background concentration of pollutants in marine water and bottom sediments, developed by the authors. Comparative analysis of seasonal changes in mean and background concentration lays the basis for the assessment of contribution of water cycle and in-basin processes to marine environment pollution at the license area "Lagansky".

**Ключевые слова:** загрязнение, фоновая концентрация, водообмен, внутриводоемные процессы

**Key words:** pollution, background concentration, water cycle, in-basin processes.

Оценка вклада водообмена и внутриводоемных процессов в загрязнение водных объектов является одной из основных задач диагностики и оценки загрязнения водной среды, от решения которой зависит выбор способа сохранения и/или улучшения качества вод. Между тем предлагаемые для этой задачи методологические и методические инструменты большей частью находятся на стадии разработки.

Для оценки вклада водообмена и внутриводоемных процессов в загрязнение морской среды на лицензионном участке «Лаганский» мы проводили сравнительный анализ временной изменчивости средней и фоновой концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в воде и донных отложениях. При этом под фоновой концентрацией понималась концентрация ЗВ, обусловленная их поступлением из внешних (по отношению к данной акватории) источников, а под локальной (местной) концентрацией – концентрация ЗВ, обусловленная их поступлением из источников, расположенных в пределах данной акватории.

Причиной локального загрязнения помимо поступления ЗВ из местных источников, могут быть внутриводоемные процессы, приводящие к перераспределению ЗВ в водоеме, их накоплению в отдельных районах или компонентах водной среды. Обратной стороной такого перераспределения является обеднение тех или иных районов (компонентов) загрязняющими веществами.

Исходя из сказанного выше, слабое отличие средней и фоновой концентрации друг от друга и их синхронные колебания указывают на поступление ЗВ из внешних источников, т.е. на решающий вклад водообмена в загрязнение рассматриваемой акватории. Наоборот, различие между этими концентрациями и их асинхронные колебания говорят о важной роли локальной изменчивости в изменениях общего уровня загрязнения акватории.

Чтобы количественно оценить вклад водообмена и внутриводоемных процессов в загрязнение участка «Лаганский» исходный массив данных, полученный в результате одной океанографической съемки, включающей 30 станций, ранжировался по возрастающей. При положительной асимметрии исходного массива данных от него последовательно «отрезалось» по одному максимальному, а при отрицательной асимметрии – по одному минимальному значению. После каждого нового удаления вновь рассчитывался коэффициент асимметрии, и так



продолжалось до тех пор, пока он не примет наименьшее по модулю (т.е. наиболее близкое к нулю) значение.

Благодаря данной процедуре, исходный массив данных разбивался на два массива – «основной» (объединяющий все оставшиеся значения) и «концевой» (объединяющий все удаленные значения). За фоновую концентрацию (Сф) принималась средняя концентрация ЗВ по «основному» массиву данных, а за локальную концентрацию (Сл) – средняя концентрация ЗВ по «концевому» массиву данных. Кроме того, средняя концентрация ЗВ, обозначаемая как С<sub>ср</sub> и характеризующая суммарное (фоновое и локальное) загрязнение, рассчитывалась для исходного массива данных. Взятое в процентах отношение  $|С-Л|/С$ , рассматривалось как параметр (Дл), характеризующий вклад локальной изменчивости в общее загрязнение акватории.

Ниже приведена краткая характеристика вклада водообмена и внутриводоемных процессов в загрязнение морской среды на лицензионном участке «Лаганский» некоторыми ЗВ по данным наблюдений, проводившихся в 2009 году.

#### Нефтепродукты

Как следует из данных, приведенных на рис. 1, сезонные изменения средней и фоновой концентрации нефтепродуктов в воде не совпадали друг с другом. Это говорит о том, что средний уровень загрязнения вод участка «Лаганский» нефтепродуктами в основном зависит от внутриводоемных процессов. Локальная изменчивость весной и летом выражалась в обеднении, а осенью в обогащении вод нефтепродуктами.

Сезонные изменения средней и фоновой концентрации нефтепродуктов в донных отложениях практически совпадали друг с другом. Это говорит о том, средний уровень загрязнения донных отложений нефтепродуктами в основном зависит от водообмена с соседними участками акватории (включая приток речных вод). Судя по постепенному повышению Сф, в течение рассматриваемого периода приток нефтепродуктов превышал отток. Локальная изменчивость была ощутима только весной, когда она выражалась в обеднении донных отложений нефтепродуктами.

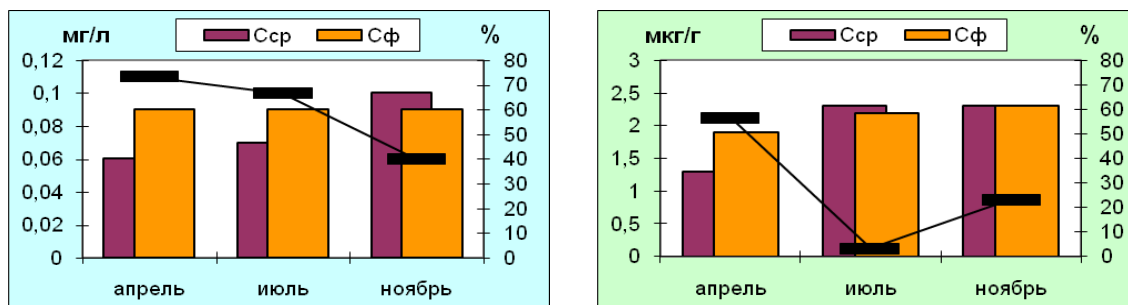


Рис. 1 Сезонные изменения средней (С<sub>ср</sub>), фоновой (С<sub>ф</sub>) концентрации и вклада локальной изменчивости (Дл, %) в общее загрязнение нефтепродуктами морских вод (мг/л) и донных отложений (мкг/г) на лицензионном участке «Лаганский» в 2009 г.

#### Железо

Как следует из данных, приведенных на рис. 2, сезонные изменения средней и фоновой концентрации железа в воде отчасти совпадали друг с другом. Это говорит о том, что средний уровень загрязнения вод участка «Лаганский» железом зависит как от внутриводоемных процессов, так и от водообмена с соседними участками акватории (включая приток речных вод). Локальная изменчивость, ощутимая только весной, выражалась в обогащении вод железом.

И средняя, и фоновая концентрация железа в донных отложениях оставались практически на одном уровне в течение всего рассматриваемого периода времени. Концентрация железа столь высока (0,2-0,3%), что процессы сезонного масштаба практически были не способны по-



влиять на нее. Локальная изменчивость была слабо ощутима только в летний сезон и выражалась в обогащении донных отложений железом.

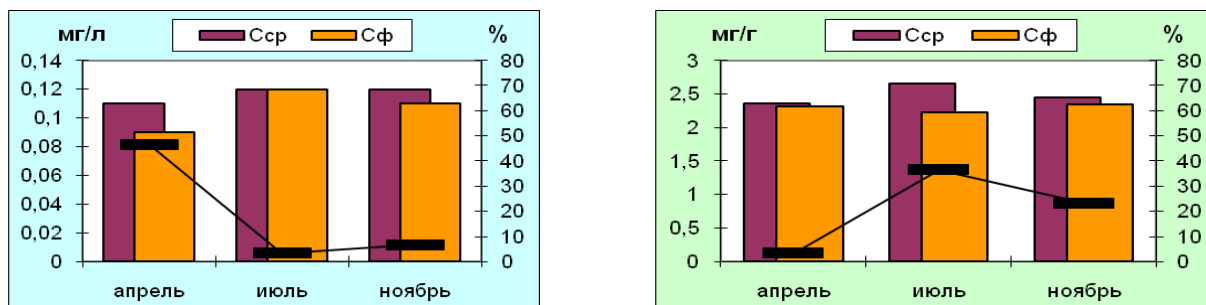


Рис. 2 Сезонные изменения средней (Сср), фоновой (Сф) концентрации и вклада локальной изменчивости (Дл, %) в общее загрязнение железом морских вод (мг/л) и донных отложений (мг/г) на лицензионном участке «Лаганский» в 2009 г.

Как следует из данных, приведенных на рис. 3, сезонные изменения средней и фоновой концентрации марганца в воде практически совпадали друг с другом. Это говорит о том, средний уровень загрязнения воды марганцем в основном зависит от водообмена с соседними участками акватории (включая приток речных вод). Сф осенью оказалась в 2 раза ниже, чем весной. Это означает, что в целом за рассматриваемый период отток марганца превышал приток. Локальная изменчивость, ощутимая только осенью, выражалась в обогащении вод марганцем.

Сезонные изменения средней и фоновой концентрации марганца в донных отложениях практически совпадали друг с другом. Это говорит о том, средний уровень загрязнения донных отложений марганцем в основном зависит от водообмена с соседними участками акватории (включая приток речных вод). Судя по постепенному повышению Сф, в течение рассматриваемого периода приток марганца превышал отток. Локальная изменчивость, ощутимая во все сезоны года, выражалась в обогащении донных отложений марганцем.

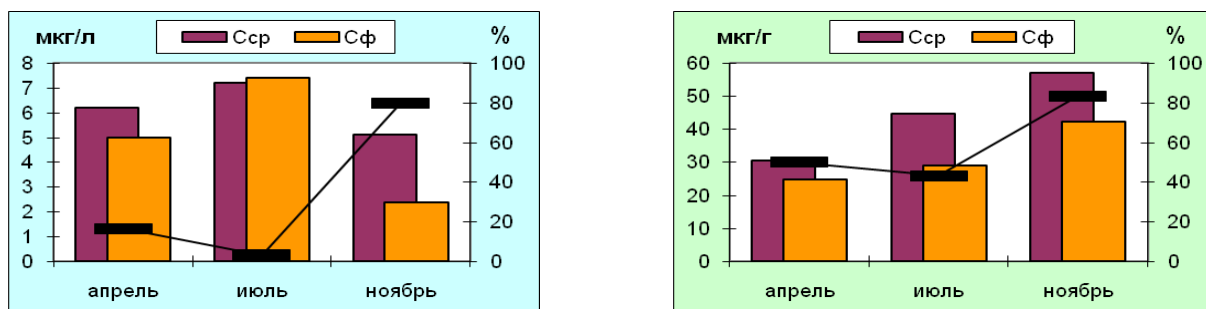


Рис. 3 Сезонные изменения средней (Сср), фоновой (Сф) концентрации и вклада локальной изменчивости (Дл, %) в общее загрязнение марганцем морских вод (мкг/л) и донных отложений (мкг/г) на лицензионном участке «Лаганский» в 2009 г.

Как следует из данных, приведенных на рис. 4, сезонные изменения средней и фоновой концентрации цинка в воде не совпадали друг с другом. Это говорит о том, что средний уровень загрязнения вод участка «Лаганский» цинком в основном зависит от внутриводоемных процессов. Локальная изменчивость, ощутимая весной и осенью выражалась в обогащении вод цинком.

Сезонные изменения средней и фоновой концентрации цинка в донных отложениях прак-



тически совпадали друг с другом. Это говорит о том, средний уровень загрязнения донных отложений цинком в основном зависит от водообмена с соседними участками акватории (включая приток речных вод). Судя по тому, что Сф осенью оказалась выше, чем весной, в целом за рассматриваемый период приток цинка превышал отток. Локальная изменчивость, ощутимая весной и осенью, выражалась в обогащении донных отложений цинком.

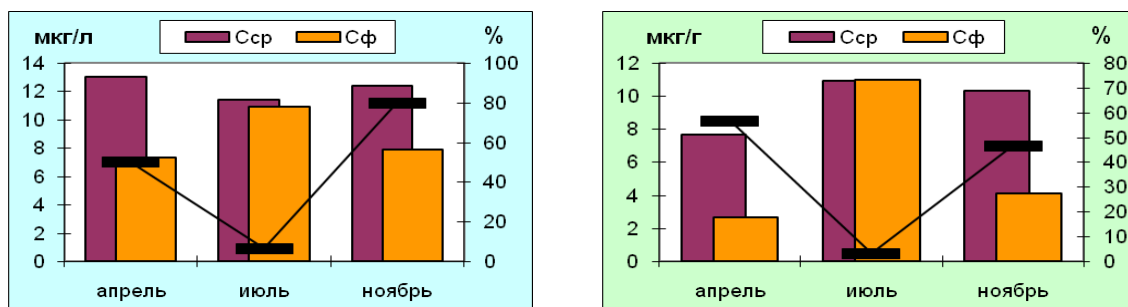


Рис. 4 Сезонные изменения средней (Сср), фоновой (Сф) концентрации и вклада локальной изменчивости (Дл, %) в общее загрязнение цинком морских вод (мкг/л) и донных отложений (мкг/г) на лицензионном участке «Лаганский» в 2009 г.

Как следует из данных, приведенных на рис. 5, сезонные изменения средней и фоновой концентрации никеля в воде практически совпадали друг с другом. Это говорит о том, средний уровень загрязнения воды никелем в основном зависит от водообмена с соседними участками акватории (включая приток речных вод). Сф осенью оказалась в полтора раза выше, чем весной. Это означает, что в целом за рассматриваемый период приток никеля превышал отток. Локальная изменчивость практически не ощущалась.

Сезонные изменения средней и фоновой концентрации никеля в донных отложениях отчасти совпадали друг с другом. Это говорит о том, что средний уровень загрязнения никелем донных отложений участка «Лаганский» зависит как от внутриводоемных процессов, так и от водообмена с соседними участками акватории (включая приток речных вод). Локальная изменчивость, ощутимая во все сезоны года, выражалась в обеднении донных отложений никелем.

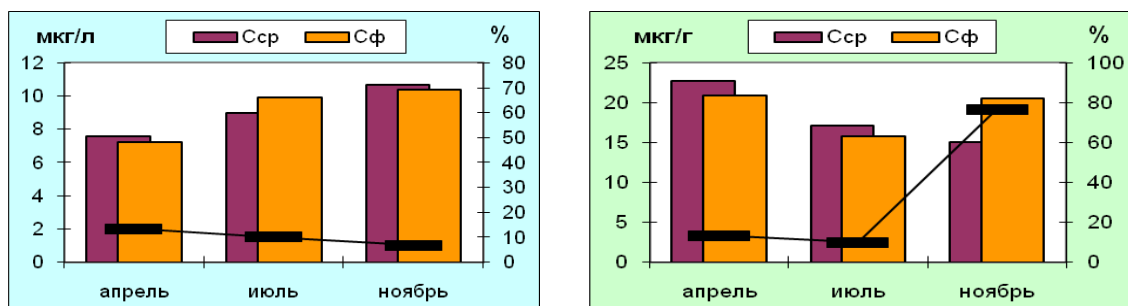


Рис. 5 Сезонные изменения средней (Сср), фоновой (Сф) концентрации и вклада локальной изменчивости (Дл, %) в общее загрязнение никелем морских вод (мкг/л) и донных отложений (мкг/г) на лицензионном участке «Лаганский» в 2009 г.

Как следует из данных, приведенных на рис. 6, сезонные изменения средней и фоновой концентрации меди в воде отчасти совпадали друг с другом. Это говорит о том, средний уровень загрязнения воды медью зависит как от внутриводоемных процессов, так и от водообмена с соседними участками акватории (включая приток речных вод). Сф осенью оказалась выше,



чем весной. Это означает, что в целом за рассматриваемый период приток меди превышал отток. Локальная изменчивость, ощутимая только летом, выражалась в обогащении вод медью.

Сезонные изменения средней и фоновой концентрации меди в донных отложениях практически совпадали друг с другом. Это говорит о том, средний уровень загрязнения донных отложений медью в основном зависит от водообмена с соседними участками акватории (включая приток речных вод). Сф осенью оказалась ниже, чем весной. Это означает, что в целом за рассматриваемый период отток меди превышал приток. Локальная изменчивость, ощутимая только летом, выражалась в обогащении донных отложений медью.

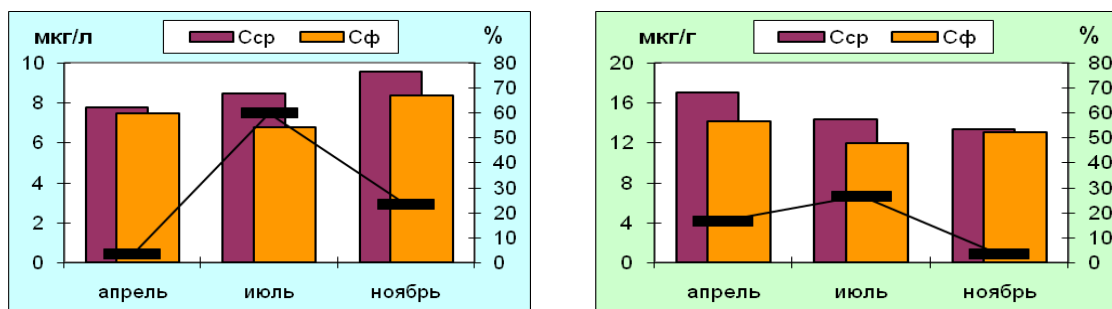


Рис. 6 Сезонные изменения средней (Сср), фоновой (Сф) концентрации и вклада локальной изменчивости (Дл, %) в общее загрязнение медью морских вод (мкг/л) и донных отложений (мкг/г) на лицензионном участке «Лаганский» в 2009 г.

Как следует из данных, приведенных на рис. 7, сезонные изменения средней и фоновой концентрации свинца в воде практически совпадали друг с другом. Это говорит о том, средний уровень загрязнения воды свинцом в основном зависит от водообмена с соседними участками акватории (включая приток речных вод). Сф осенью оказалась в несколько раз выше, чем весной. Это означает, что в целом за рассматриваемый период приток свинца превышал отток. Локальная изменчивость, ощутимая весной и осенью, выражалась в обогащении вод свинцом.

Сезонные изменения средней и фоновой концентрации свинца в донных отложениях практически совпадали друг с другом. Это говорит о том, что средний уровень загрязнения донных отложений свинцом в основном зависит от водообмена с соседними участками акватории (включая приток речных вод). Судя по постепенному снижению Сф, в течение рассматриваемого периода отток свинца превышал приток. Локальная изменчивость, ощутимая весной и летом, выражалась в обогащении донных отложений свинцом.

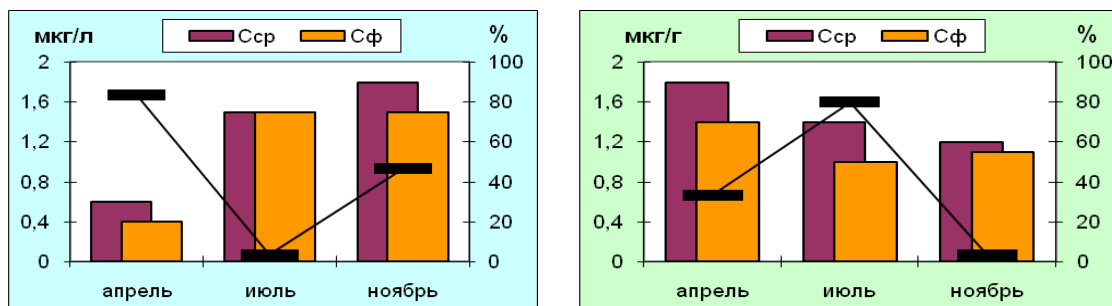


Рис. 7 Сезонные изменения средней (Сср), фоновой (Сф) концентрации и вклада локальной изменчивости (Дл, %) в общее загрязнение свинцом морских вод (мкг/л) и донных отложений (мкг/г) на лицензионном участке «Лаганский» в 2009 г.



Как следует из данных, приведенных на рис. 8, сезонные изменения средней и фоновой концентрации кадмия в воде отчасти совпадали друг с другом. Это говорит о том, средний уровень загрязнения воды кадмием зависит как от внутриводоемных процессов, так и от водообмена с соседними участками акватории (включая приток речных вод). Сф осенью оказалась в 2 раза выше, чем весной. Это означает, что в целом за рассматриваемый период приток кадмия превышал отток. Локальная изменчивость, ощутимая только весной, выражалась в обогащении вод кадмием.

Сезонные изменения средней и фоновой концентрации кадмия в донных отложениях практически совпадали друг с другом. Это говорит о том, средний уровень загрязнения донных отложений кадмием в основном зависит от водообмена с соседними участками акватории (включая приток речных вод). Сф осенью оказалась в 2 раза выше, чем весной. Это означает, что в целом за рассматриваемый период приток кадмия превышал отток. Локальная изменчивость, ощутимая во все сезоны года, выражалась в обогащении донных отложений кадмием.

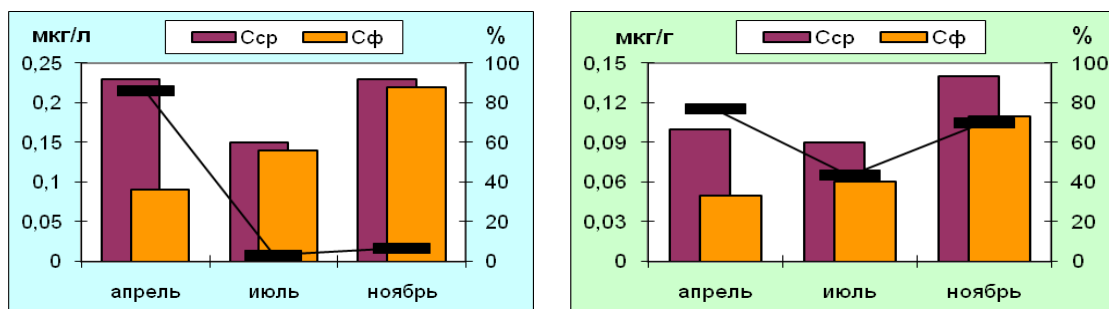


Рис. 8 Сезонные изменения средней (Ccp), фоновой (Cf) концентрации и вклада локальной изменчивости (Дл, %) в общее загрязнение кадмием морских вод (мкг/л) и донных отложений (мкг/г) на лицензионном участке «Лаганский» в 2009 г.

Как следует из данных, приведенных на рис. 9, сезонные изменения средней и фоновой концентрации ртути в воде практически совпадали друг с другом. Это говорит о том, средний уровень загрязнения воды ртутью в основном зависит от водообмена с соседними участками акватории (включая приток речных вод). Сф осенью оказалась в 2 раза ниже, чем весной. Это означает, что в целом за рассматриваемый период отток ртути превышал приток. Локальная изменчивость, ощутимая во все сезоны года, весной выражалась в обеднении, а летом и осенью – в обогащении вод ртутью.

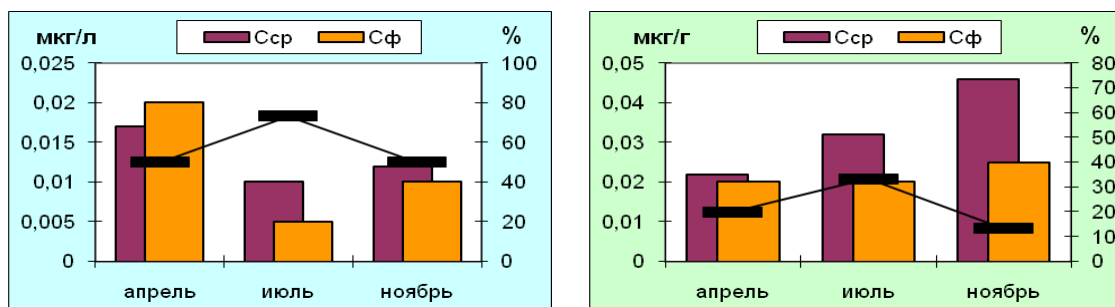


Рис. 9 Сезонные изменения средней (Ccp), фоновой (Cf) концентрации и вклада локальной изменчивости (Дл, %) в общее загрязнение ртутью морских вод (мкг/л) и донных отложений (мкг/г) на лицензионном участке «Лаганский» в 2009 г.



Сезонные изменения средней и фоновой концентрации ртути в донных отложениях практически совпадали друг с другом. Это говорит о том, что средний уровень загрязнения донных отложений ртутью в основном зависит от водообмена с соседними участками акватории (включая приток речных вод). Судя по постепенному повышению Сф, в течение рассматриваемого периода приток ртути превышал отток. Локальная изменчивость, ощущаемая только летом, выражалась в обогащении донных отложений ртутью.

Из результатов анализа видно, что основным фактором, влияющим на уровень загрязнения морской среды на участке «Лаганский» является водообмен с прилегающей акваторией. При этом надо учитывать, что этот водообмен, как следует из гидрологических условий, целиком определяется волжским стоком. Таким образом, поступление загрязняющих веществ с речными водами вносит решающий вклад в загрязнение акватории данного лицензионного участка. На процессы, протекающие в водоеме, также влияют на загрязнение морской среды и иногда полностью определяют колебания среднего уровня загрязнения морских вод и донных отложений. Но чаще процессы водообмена и внутриводоемные процессы оказывают совместное влияние на загрязнение вод и донных отложений. Уровень загрязнения донных отложений, как более консервативного компонента, практически целиком зависит от речного стока, исключением являются только никель, барий, мышьяк и хром. Но даже процессы водообмена, если речь идет о сезонном масштабе времени, не в силах повлиять на содержание железа в донных отложениях, так как оно составляет 0,2-0,3% их массы. Локальная изменчивость загрязнения морских вод и донных отложений может выражаться как в обеднении, так и в обогащении загрязняющими веществами вод и донных отложений, но в целом она слабо влияет на средний уровень загрязнения морской среды.