

**РОЛЬ АТМОСФЕРНОЙ, ВОДНОЙ И АНТРОПОГЕННОЙ МИГРАЦИИ В
ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, А ТАКЖЕ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ
ФЕНОЛОМ И ЕГО ПРОИЗВОДНЫМИ (НА ПРИМЕРЕ КРЫМА)**

*Холопцев А. В., Рябинин А. И., Мальченко Ю. А., Клименко Н. П.,
Боброва С. А.*

*Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт имени
Н. Н.Зубова», Россия
E-mail:khoptsev@mail.ru*

На примере водохранилищ Крыма, открытых источников пресной воды, используемых для водоснабжения его городов, а также Севастопольской бухты и Севастопольского взморья оценена роль атмосферной, водной и антропогенной миграции фенола, о,п-крезола, м-крезола, 2,4-дихлорфенола, 2,4,6-трихлорфенола и 2-нитрофенола в загрязнении этими веществами водных объектов регионов мира, удаленных от крупных техногенных источников этих соединений.

Ключевые слова: фенол, миграция, концентрация, водохранилища, морские воды, Крым, мониторинг, загрязнение.

ВВЕДЕНИЕ

Фенол (C_6H_5OH) и другие соединения, являющиеся его производными (в том числе о,п-крезол, м-крезол, 2,4-дихлорфенол, 2,4,6-трихлорфенол, 2-нитрофенол), входят в число веществ, относящихся ко II классу опасности, а повышение их концентраций в питьевой воде и продуктах питания способно наносить существенный вред здоровью населения, а также состоянию биотических компонентов экосистем любых регионов мира [1; 2]. Поэтому развитие представлений о роли различных механизмов изменения концентраций данных веществ в тех или иных природных объектах является актуальной проблемой геохимии, а также экологии.

Значительный интерес решение рассматриваемой проблемы представляет в отношении открытых источников пресной воды, используемых для водоснабжения городов, которые относятся к регионам, удаленным от крупных техногенных источников данных соединений, а также морских вод прибрежных районов Мирового океана, которые используются в целях рекреации.

В России одним из таких регионов является Крым с акваториями Черного моря у его побережий, а примерами подобных источников могут служить его водохранилища: Загорское и Счастливое (Ялта), Симферопольское, Межгорное, Аянское и Партизанское (Симферополь), Чернореченское (Севастополь) и Изобильненское (Алушта), а также многие открытые водозаборы.

Изучению свойств фенолов и их производных, а также особенностей их миграции в различных природных средах посвящены работы многих отечественных и зарубежных авторов [3; 5; 8; 17–19].

Установлено, что в нормальных условиях все рассматриваемые вещества пребывают в твердом агрегатном состоянии (это бесцветные игольчатые кристаллы либо аморфные образования). Поэтому они могут мигрировать через атмосферу в составе твердых частиц различных фракций аэрозоля. На земную поверхность такие частицы могут поступать как при «сухом выпадении», так и с водными атмосферными осадками [3; 8]. Этому способствует и свойство фенолов возгоняться с водяным паром.

Миграция фенола через атмосферу на примере районов юго-западного Крыма была впервые изучена группой сотрудников лаборатории Химии моря УкрНИГМИ (ныне Севастопольское отделение ФГБУ «ГОИН») под руководством А. И. Рябинина, которые в 1995–1999 гг. осуществили мониторинг загрязнения данными веществами атмосферных осадков, выпадавших на территории г. Севастополя.

С использованием газохроматографического метода [10] ими было установлено, что средние концентрации фенола в пробах дождевых вод, которые отобраны в указанный период, составляли 10.480 мкг/дм^3 , что более чем в 10 раз превышает уровень ПДК в (органолептический) и ПДК р.з. для водных объектов, равный 1 мкг/дм^3 [2; 16].

Адекватность данных выводов подтверждена результатами дальнейшего мониторинга изменений тех же показателей, которые были получены в 2000–2006 гг. [5]. Тем не менее конкретный источник загрязнения аэрозоля в г. Севастополе изучаемыми веществами установлен не был, как и роль атмосферной миграции в изменениях их концентраций в каких-либо водных объектах Крыма и прибрежных районах Черного моря.

Также известно, что фенол и его производные умеренно растворимы в воде (их растворимость при повышении температуры воды ощутимо увеличивается) [17]. Поэтому они способны участвовать и в водной миграции. Именно так, с недостаточно очищенными сточными водами, рассматриваемые вещества с территорий крупных предприятий, где они производятся либо применяются в технологических процессах, поступают в расположенные поблизости водные объекты [18; 19].

Поступившие в водные объекты фенолы подвергаются интенсивной деструкции, что ограничивает возможности их накопления, а также трансграничного переноса через атмосферу.

Так как фенолы способны образовываться и при разложении мертвой органики, некоторую роль в загрязнении данными соединениями морских акваторий, прилегающих к участкам побережий с крупными городами, могут играть и различные антропогенные факторы. Один из них – непосредственный сброс в море загрязненных органикой вод городской канализации [3].

Следовательно, роли атмосферной, водной и антропогенной миграции фенолов и их производных в загрязнении данными веществами различных водных объектов, которые расположены в районах, где крупные техногенные источники данных веществ отсутствуют, ныне изучены недостаточно. Это осложняет их адекватный учет при разработке соответствующих санитарных и экологических мероприятий.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценка ролей атмосферной, водной и антропогенной миграции фенола (C_6H_5OH) и его производных (в том числе: о,п-крезол, м-крезол, 2,4-дихлорфенол, 2,4,6-трихлорфенол, 2-нитрофенол) в изменениях концентраций этих веществ в открытых водозаборах, применяемых для водоснабжения городов, удаленных от крупных техногенных источников данных соединений, а также в прибрежных морских районах на примере Крыма .

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Согласно современным представлениям об источниках фенола и его производных [3; 8; 17–19], главными среди них принято считать техногенные, которыми являются отходы и выбросы предприятий лакокрасочной, нефтеперерабатывающей, лесохимической, химической промышленности и коксохимического производства. Рассматриваемые вещества применяются на таких предприятиях во многих технологических процессах, в частности, при изготовлении фенолформальдегидных смол, лекарственных препаратов, синтетических волокон. Для их нужд за год в мире ныне производится около 10 млн т фенолов.

Фенолы также образуются и в природных условиях: в процессах метаболизма некоторых гидробионтов и микроорганизмов, а также при биохимическом распаде и трансформации органических веществ, которые протекают в почве, в водной толще и в донных отложениях. Поэтому они образуются на свалках любых органических отходов и содержатся в осадках городских очистных сооружений, откуда могут выщелачиваться дождевыми водами, попадая с ними в почвы и водоемы. Фенолы и их производные содержатся также в древесине (в том числе в лигнине, в иглах и шишках сосны, лишайниках), торфе, буром и каменном угле, нефтяных остатках, в клетках многих растений (флавоноиды, танины, антоцианы, меланины, гуминовые кислоты и др.) и даже в организме человека.

Следовательно, наряду с атмосферной, водной и антропогенной миграцией, приходную часть баланса этих веществ в водных объектах могут формировать и процессы в их экосистемах, приводящие к их образованию.

Расходную часть вещественного баланса этих соединений в таких объектах формируют процессы их деструкции в водной среде, которые, как правило, протекают достаточно интенсивно.

Мониторинг изменений концентрации фенолов (суммы) в водах Черного и Азовского морей впервые начал осуществляться по программе ОГСНК СССР в 1984 г. и продолжался до 2013 г. включительно. Отобранные при этом пробы анализировались с использованием весьма неточного фотометрического метода. Результаты подобных анализов, в том числе данные, полученные тем же способом в 1995 г., изложены в [4; 6; 7; 9]. Из них следует, что концентрации рассматриваемых соединений и на поверхности, и в придонном слое различных районов Черного моря в период 1984–1995 гг. изменялись в широких пределах и существенно зависели как от расположения точки отбора проб, так и от времени года.

В период 1996–2004 гг. также осуществлялся мониторинг загрязнения вод водохранилищ центрального и южного Крыма и их источников, а также в морских водах Севастопольской бухты, взморья города Севастополя и некоторых других прибрежных районов Черного моря [1; 5; 12–14; 16].

Выбор объектов упомянутого мониторинга был обусловлен следующими соображениями.

В водохранилища и источники пресной воды, которые используются для водоснабжения Ялты, Симферополя, Севастополя и Алушты, стоки каких-либо очистных сооружений не поступали и не поступают. Здесь также приняты все возможные меры для предотвращения загрязнения их вод с прилегающих участков побережий. Следовательно, в их воды рассматриваемые вещества могут поступать либо в результате атмосферной миграции, либо формироваться в их экосистемах.

В воды Севастопольского взморья в указанный период осуществлялся выпуск сточных вод очистных сооружений некоторых районов города Севастополя (который продолжается и ныне). Значительная часть вод городской канализации сбрасывалась на взморье без предварительной очистки. Кроме того, в воды Севастопольского взморья поступали неочищенные береговые стоки и пыль с прилегающих городских территорий, участвовали в их загрязнении и расположенные здесь пляжи Севастопольского региона.

В воды Севастопольской бухты выпуск сточных вод не производился, но ее со всех сторон окружали городская застройка, промышленные предприятия, военные объекты, а также причалы морского порта, где также могли присутствовать источники фенолов (например – свалки органических отходов).

Следовательно, сопоставив оценки концентраций рассматриваемых соединений в водах данных объектов, которые соответствуют курортному сезону, можно установить роли в их динамике как атмосферной и водной, так и антропогенной миграции.

Анализ проб, отобранных в ходе данного мониторинга, осуществлен с использованием газохроматографического метода, который обладает существенно более высокой точностью [10; 11], чем фотометрический метод.

Кроме того, с использованием того же газохроматографического метода оценены концентрации фенола и его производных в фоновых пунктах взморья г. Евпатории и лимана Донузлав, а также в сточных водах соответствующих очистных сооружений, которые поступают в их водную среду [15]. Тем не менее ранее подобные сопоставления не производились, а роли различных механизмов геохимической миграции данных веществ, которые действуют в условиях Крыма, выявлены не были.

Поэтому для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

1. проанализировать результаты мониторинга изменений концентраций изучаемых соединений в водохранилищах Крыма: Загорском, Счастливым, Межгорном, Симферопольском, Аянском, Партизанском, Чернореченском и Изобильненском, а также водозаборах питьевой воды: Джур-Джур, Узень-Баш, Вереса и на ул. Карьерная, 2 (г. Симферополь);

2. выявить особенности изменения их концентраций в водах Севастопольской бухты и взморья г. Севастополя, а также сопоставить их с оценками аналогичных

показателей для сточных вод очистных сооружений г. Евпатории, поступающих в соответствующий прибрежный район Черного моря и водохранилищ Крыма.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования изменчивости максимальных концентраций изучаемых веществ в открытых источниках водоснабжения городов Крыма представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Максимальные концентрации фенола, а также о,п-крезола, м-крезола, 2,4-ДХФ, 2,4,6-ТХФ и 2-НФ (мкг/дм³) в открытых источниках водоснабжения населенных пунктов Крыма

| Годы | Месяцы | Фенол | о,п-крезол | м-крезол | 2,4-ДХФ | 2,4,6-ТХФ | 2-НФ |
|-------------------------------|--------|-------|------------|----------|---------|-----------|------|
| Водохранилище Загорское | | | | | | | |
| 1993 | IX | – | – | – | 0.10 | 0.13 | 0 |
| 1995 | VIII | – | – | – | 0 | 0.20 | 0.09 |
| 1996 | V | 0.57 | 0.10 | 0 | 0.10 | 0.04 | 0.01 |
| 1996 | VIII | 0.13 | 0 | 0.01 | 0.12 | 0.76 | 0.04 |
| 1997 | IX | 1.31 | 0.13 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0 |
| 1999 | IX | 0.45 | 0.19 | 0.09 | 0.04 | 0.06 | 0.03 |
| Водохранилище Счастливое | | | | | | | |
| 1993 | IX | – | – | – | 0.22 | 0.23 | 0 |
| 1995 | VIII | – | – | – | 0.02 | 0.19 | 0.08 |
| 1996 | V | 0.34 | 0.10 | 0 | 0.08 | 0.06 | 0.02 |
| 1996 | VIII | 0.22 | 0 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.03 |
| 1997 | IX | 0.42 | 0.03 | 0.01 | 0.14 | 0.03 | 0 |
| 1999 | IX | 0.07 | 0.25 | 0.02 | 0.04 | 0.06 | 0.03 |
| Водохранилище Межгорное | | | | | | | |
| 1996 | VII | 0.92 | 0.25 | 0.06 | 0.01 | 0.28 | 0.01 |
| 1997 | VIII | 1.09 | 0.07 | 0.05 | 0.09 | 0.08 | 0 |
| 1998 | IX | – | – | – | 0.10 | 0.16 | 0.06 |
| 1999 | IX | 3.24 | 0.86 | 1.68 | 0.06 | 0.03 | 0.02 |
| 2002 | VIII | – | – | – | 0.10 | 0.21 | 0 |
| 2003 | VII | – | – | – | 0.05 | 0 | 0 |
| 2004 | VIII | 3.20 | – | – | 0.17 | 0.02 | 0 |
| Водохранилище Симферопольское | | | | | | | |
| 1996 | VII | 0.13 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.08 | 0.04 |
| 1997 | VIII | 0.34 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0 |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1998 | IX | – | – | – | 0.07 | 0.3 | 0.07 |
| 1999 | IX | 2.23 | 0.02 | 0.10 | 0.04 | 0.02 | 0.02 |
| 2002 | VIII | – | – | – | 0.08 | 0.02 | 0 |
| 2004 | VIII | 1.66 | – | – | 0.25 | 0.40 | 0 |
| Водохранилище Аянское | | | | | | | |
| 1996 | VII | 0.14 | 0.05 | 0.02 | 0.01 | 0.09 | 0.02 |
| 1997 | VIII | 0.37 | 0.09 | 0.03 | 0.03 | 0.10 | 0 |
| 1998 | IX | – | – | – | 0.04 | 0.19 | 0.03 |
| 1999 | IX | 0.52 | 0.09 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.02 |
| 2002 | VIII | – | – | – | 0.14 | 0.04 | 0 |
| 2004 | VIII | 0.31 | – | – | 0.08 | 0.16 | 0 |
| Водохранилище Партизанское | | | | | | | |
| 1996 | VII | 0.20 | 0.10 | 0.06 | 0.01 | 0.09 | 0.02 |
| 1997 | VIII | 2.02 | 0.16 | 0.01 | 0.03 | 0.1 | 0 |
| 1998 | IX | – | – | – | 0.04 | 0.19 | 0.03 |
| 1999 | IX | 0.1 | 0.02 | 0.05 | 0.02 | 0.03 | 0.02 |
| 2002 | VIII | – | – | – | 0.14 | 0.04 | 0 |
| 2004 | VIII | 0.16 | – | – | 0.08 | 0.16 | 0 |
| Водохранилище Изобильненское | | | | | | | |
| 1999 | IX | 0.05 | 0.23 | 0.08 | 0.13 | 0.04 | 0.02 |
| Водохранилище Чернореченское | | | | | | | |
| 1999 | IX | – | – | – | 0 | 0.03 | 0 |
| 2003 | IX | 0.30 | 0.30 | 0.30 | – | – | – |
| 2004 | IX | 0.30 | 0.30 | 0.30 | – | – | – |
| Источник Джур-Джур | | | | | | | |
| 2003 | IX | 0.52 | 0.24 | 0 | 0.04 | 0.06 | 0 |
| Источник Узень-Баш | | | | | | | |
| 2003 | IX | 0.21 | 0.11 | 0.03 | 0.04 | 0.07 | 0 |
| Источник Вереса | | | | | | | |
| 2003 | IX | 0.24 | 0.12 | 0 | 0.18 | 0.57 | 0 |
| Водозабор на ул. Карьерная, 2 (г. Симферополь) | | | | | | | |
| 2003 | IX | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблица 1 свидетельствует о том, что воды всех водохранилищ Крыма, а также источников Джур-Джур, Узень-Баш и Вереса в период 1996–2004 гг. содержали

изучаемые вещества. При этом в ряде случаев их концентрации в данных водах превышали соответствующие уровни ПДКв = 1 мкг/дм³.

В водах водозабора на ул. Карьерная, 2 (г. Симферополь) максимальные концентрации всех рассматриваемых веществ не превышали соответствующие минимальные пороги их определения в пробах с использованием газохроматографического метода.

В водах водохранилищ Чернореченского, Изобильненского, Аянского и Счастливого, а также упомянутых источников случаев превышения концентрациями фенола и его производных указанного уровня ПДК за весь период мониторинга не выявлено. Подобные превышения ПДК имели место:

- ✓ в водохранилище Загорском (Ялта) – в сентябре 1997 г.;
- ✓ в водохранилище Межгорном (Симферополь) – в августе 1997 г., сентябре 1999 г., а также августе 2004 г.;
- ✓ в водохранилище Симферопольском (Симферополь) – сентябре 1999 г., а также в августе 2004 г.;
- ✓ в водохранилище Партизанском (Симферополь) – в августе 1997 г.

Средние (по отобраным пробам) концентрации фенола (С₆Н₅ОН) в рассматриваемый период являлись наибольшими в водах водохранилища «Межгорное» (2.11 мкг/дм³) и «Симферопольское» (1.09 мкг/дм³), при уровне ПДКв – 1 мкг/дм³. Следовательно, их воды были загрязнены фенолом.

Наибольшая загрязненность вод Межгорного водохранилища неудивительна, поскольку оно в рассматриваемый период наполнялось водами Днепра, которые были загрязнены органикой и поступали по Северо-Крымскому каналу. Симферопольское водохранилище расположено практически в городской черте, что также объясняет полученный результат.

Интересной особенностью рассматриваемых данных является то, что во всех водохранилищах Крыма (кроме Партизанского) наибольшие значения максимальных концентраций фенола приходились на сентябрь (в Партизанском – на август). Для водохранилищ Загорского и Счастливого они соответствовали 1997 г., а для прочих водохранилищ – 1999 г.

Рассмотренные результаты свидетельствуют о необходимости систематических исследований механизмов миграции изучаемых веществ в воды открытых источников водоснабжения населенных пунктов Крыма, которые необходимы для установления и, по возможности, блокирования каналов их поступления.

Максимальные значения концентраций тех же веществ, выявленные по

Таблица 2.

Максимальные значения концентраций изучаемых веществ для морских вод
(мкг/дм³), которые изучались в 1996–2004 гг.

| Годы | Месяцы | Фенол | 2,4-ДХФ | 2,4,6-ТХФ |
|-------------------------|-----------|-------|---------|-----------|
| Севастопольская бухта | | | | |
| 1996 | Февраль | – | 0.132 | 0.22 |
| 1996 | Сентябрь | 0.152 | 0.408 | 1.44 |
| 1996 | Ноябрь | – | 1.090 | 0.50 |
| 1997 | Июль | 2.04 | 0.37 | 0.33 |
| 1998 | Декабрь | – | 0.12 | 0.195 |
| 1999 | Февраль | – | 0.02 | 0.025 |
| 2001 | Май | 2.34 | 1.94 | 0.19 |
| 2001 | Июль | 1.94 | 0.56 | 0.045 |
| 2001 | Сентябрь | – | 2.89 | 0.61 |
| 2002 | Март | 0.35 | – | – |
| 2003 | Март, май | 0 | 0 | 0 |
| Севастопольское взморье | | | | |
| 1995 | Июль | – | 0.14 | 0.90 |
| 1995 | Сентябрь | – | 0.07 | 0.66 |
| 1996 | Сентябрь | 1.83 | 0.91 | 0.76 |
| 1997 | Июль | 1.80 | 0.84 | 0.18 |
| 2001 | Апрель | 2.78 | 0.43 | 0.07 |
| 2001 | Июль | – | 0.58 | 0.14 |

результатам рассматриваемого мониторинга в 1996–2004 гг. в морских водах Севастопольской бухты, а также Севастопольского взморья, представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что воды Севастопольской бухты и Севастопольского взморья в рассматриваемый период иногда были загрязнены фенолом.

Средний уровень концентрации этого вещества в водах Севастопольской бухты составлял 1,15 мкг/дм³, что практически совпадает со значением данного показателя для Симферопольского водохранилища, но меньше чем для Межгорного водохранилища. Последнее указывает на то, что и морские, и пресные воды водных объектов, которые непосредственно окружены городской застройкой, приблизительно в равной степени загрязняются изучаемыми соединениями.

Так как воды водохранилищ Чернореченского, Изобильненского, Загорского, Счастливого, Аянского и Партизанского, которые более удалены от соответствующих городов, содержат рассматриваемые вещества в меньших

концентрациях, представляется очевидным, что основным каналом поступления их в эти воды является атмосферный.

Средний уровень концентрации фенола для Севастопольского взморья составил 2,14 мкг/дм³, что превышает его значение для Межгорного водохранилища и более чем в 2 раза выше соответствующего уровня ПДКв. При этом концентрации других рассматриваемых производных фенола уровня ПДК для данных веществ не достигали.

Из сравнения таблиц 1 и 2 видно, что морские воды Севастопольского взморья в изучаемый период были в наибольшей степени загрязнены всеми рассматриваемыми веществами. Поскольку в данные воды производился выпуск сточных вод из очистных сооружений ряда районов города Севастополя, можно было бы предположить, что именно этим объясняется столь печальное их экологическое состояние.

Для проверки адекватности этого предположения были с помощью того же газохроматического метода измерены средние концентрации изучаемых веществ в сточных водах, которые поступают в морскую среду из очистных сооружений г. Евпатории, где применяется та же технология их очистки. Полученные при этом результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Концентрации фенола и его производных в фоновом районе Черного моря у г. Евпатории и в сточных водах его очистных сооружений

| Место отбора пробы | Концентрация, мкг/дм ³ | | | | | |
|----------------------------------------------|-----------------------------------|------------|----------|---------|-----------|-------|
| | Фенол | о,п-крезол | м-крезол | 2,4-ДХФ | 2,4,6-ТХФ | 2-НФ |
| Фоновая точка г. Евпатория | 0.024 | 1.053 | 0.013 | 0.042 | 0.273 | 0.060 |
| Глубоководный выпуск КОС г. Евпатория, 0 м | 0.038 | 1.096 | 0.265 | – | – | – |
| Глубоководный выпуск КОС г. Евпатория, прид. | 0.014 | 0.459 | 0.063 | 0.085 | 0.545 | 0.041 |

Как видно из таблицы 3, концентрации фенола и его производных в водах фоновой точки на взморье г. Евпатории ниже, чем в водах на взморье г. Севастополя, почти в 100 раз! Поэтому повышенная концентрация рассматриваемых веществ на взморье г. Севастополя – не норма для районов Черного моря у побережья Крыма, а катастрофическая аномалия.

Из той же таблицы следует, что в водах, сбрасываемых в морскую среду из городских очистных сооружений г. Евпатории, аналогичные показатели практически совпадают с соответствующими их фоновыми уровнями в прибрежных акваториях Черного моря. Следовательно, сточные воды таких очистных сооружений загрязнять морскую среду не могут.

Поиск других объяснений выявленной аномалии показал, что реальной причиной загрязнения фенолом вод Севастопольского взморья, которое имело

место в 1996–2004 гг., мог быть сброс в море значительной части неочищенных от органики жидких отходов жилищно-коммунального хозяйства г. Севастополя.

Адекватность данного вывода подтвердили результаты измерения концентраций рассматриваемых веществ в пробах атмосферных осадков, которые в 1999–2006 гг. отбирались в г. Севастополе [16]. Было установлено, что концентрации фенола в этих пробах существенно зависели от преобладающего направления ветра над пунктом их отбора, достигая максимальных уровней при западных румбах. Именно там, к западу от пункта отбора проб, и расположено Севастопольское взморье, ежедневно загрязнявшееся органикой, которая содержится в сбрасываемых в морскую среду неочищенных стоках городской канализации.

Объем таких стоков в рассматриваемый период достигал 40 % всего объема канализации города Севастополя, что приводило к поступлению в воды взморья в среднем до 100 т органики ежедневно. Там же, западнее пункта отбора проб, находятся и пляжи города Севастополя, которые в те годы практически не были оборудованы туалетами, что в месяцы курортного сезона также приводило к загрязнению прибрежных акваторий органическими отходами и продуктами жизнедеятельности отдыхающих.

В результате интенсивного загрязнения вод Севастопольского взморья мертвой органикой при ее разложении здесь непрерывно вырабатывались фенол и его соединения. Эти вещества загрязняли различные слои вод взморья, в том числе и его поверхность. Последнее приводило к загрязнению ими частиц водного аэрозоля, которые при ветре западных румбов мигрировали на сушу – в город – и поступали в организмы его жителей, а также отдыхающих, стремящихся подышать морским воздухом. Поскольку рассматриваемые вещества относятся ко II классу опасности, а их концентрации в пробах осадков, как правило, существенно превышали уровень ПДК для водных объектов, их проникновение в организм человека через органы дыхания могло наносить ему вред.

В Евпатории и других прибрежных городах Крыма, где сброс в море неочищенных вод канализации не производится, в его водах фенола и его соединений практически нет, а потому из этого источника данные соединения в состав городского аэрозоля не поступают. Поэтому в таких городах дыхание морским воздухом для их населения и отдыхающих, несомненно, полезно.

В г. Севастополе дыхание морским воздухом может стать также безопасным для здоровья человека, если здесь прекратится сброс в море загрязненных органикой вод городской канализации, некоторая часть которой и ныне поступает сюда, минуя очистные сооружения.

ВЫВОДЫ

Таким образом, на примере рассмотренных водных объектов Крыма установлено:

1. в водных объектах суши, а также в прибрежных районах Мирового океана, удаленных от крупных техногенных источников фенола и его производных, а также

надежно защищенных от сброса в них неочищенных бытовых стоков, основным механизмом поступления в них этих веществ является атмосферная миграция этих веществ;

2. водная миграция изучаемых соединений в таких водных объектах суши существенной роли не играет, а в морских регионах, подобных Севастопольскому взморью, она приводит к снижению концентраций рассматриваемых веществ в их водах;

3. выпуск в морскую среду сточных вод городских очистных сооружений, функционирующих в нормальном режиме, к ее загрязнению рассматриваемыми веществами не приводит, поскольку концентрации данных веществ в таких водах практически не отличаются от фоновых уровней;

4. значимым фактором загрязнения морской среды данными соединениями является их антропогенная миграция: сброс в нее неочищенных бытовых стоков, содержащих немало органики, а также функционирование не вполне оборудованных пляжей.

Список литературы

1. Артеменко В. М., Ильин Ю. П., Кучеренко В. С., Рябинин А. И. и др. Гидрохимический режим и микроэлементный состав вод Чернореченского водохранилища в 1991–2004 гг. // Сб. научн. трудов «Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа». – Вып. 12. – НАН Украины, МГИ, ОФ ИНБЮМ. – Севастополь, 2005. С. 129–148.
2. ГН 2.1.5.1315-03. Гигиенический норматив Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, Минздрав России, утв. 30.04.2003 г. № 78. – 84 с.
3. Елин Е. С. Фенольные соединения в биосфере / Е.С. Елин. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 392 с.
4. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР // Том IV. Черное море. Вып. 3. Современное состояние загрязнения вод Черного моря / Под редакцией А. И.Симонова, А. И.Рябинина. – Севастополь: ЭКОСИ – Гидрофизика, 1996. – 230 с.
5. Ильин Ю. П., Рябинин А. И., Мальченко Ю. А. и др. Состояние загрязнения атмосферных осадков г. Севастополя в 1997-2006 гг. // Труды УкрНИГМИ. – 2006. – Вып. 255. С. 165–183.
6. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. «Ежегодник. Черное море». – Севастополь: Гидрометфонд МО УкрНИГМИ; за 1991 г. – 410 с.; за 1992 г. – 359 с.; за 1993 г. – 350 с.; за 1994 г. – 332 с.; за 1995 г. – 308 с.; за 1996 г. – 201 с.; за 1997 г. – 196 с.; за 1998 г. – 143 с.; за 1999 г. – 2000. – 159 с.; за 2001 г. – 175 с.; за 2002 г. – 125 с.; за 2003 г. – 132 с.; за 2004 г. – 146 с.; за 2005 г. – 137 с.; за 2006 г. – 146 с.; за 2007 г. – 151 с.; 2008 г. – 150 с.; за 2009 г. – 135 с.; за 2010 г. – 127 с.; за 2011 г. – 119 с.; за 2012 г. – 123 с.; за 2013 г. – 120 с.
7. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. «Ежегодник. Черное море». – Севастополь: Гидрометфонд СОГОИН; – Москва: Архив ГОИН; за 1984–1990 гг., 2008–2009 гг.
8. Кузнецов О. Ю. Фенольный кризис / О.Ю.Кузнецов // Безопасность в техносфере. 2007. – № 4. С. 22–27.
9. Практическая экология морских регионов. Черное море. // Под редакцией д. физ.-мат. н. В. М.Кеонджана, к. т. н. А. М.Кудина и Ю. В.Терехина. – Киев. – Наукова Думка. – 1990. – 252 с.
10. Руководство по методам химического анализа морских вод / Под ред. С. Г. Орадовского. – СПб.: Гидрометеоиздат. – 1993. – 264 с.
11. Руководство по химическому анализу морских вод. РД 52.10.243-92 / Под ред. С. Г. Орадовского. – Л., Гидрометеоиздат. – 1977. – 208 с.

РОЛЬ АТМОСФЕРНОЙ, ВОДНОЙ И АНТРОПОГЕННОЙ МИГРАЦИИ В ЗАГРЯЗНЕНИИ
ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, А ТАКЖЕ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ, ФЕНОЛОМ И ЕГО...

12. Рябинин А. И., Клименко Н. П., Боброва С. А. Гамма-гексахлорциклогексан (γ -ГХЦГ) и дихлордифенилтрихлорметилметан (Σ ДДТ) в северных прибрежных водах Черного моря. // Труды ГОИН. – 2015 г. (в печати).
13. Рябинин А. И., Клименко Н. П., Боброва С. А., Мальченко Ю. А. Мониторинг загрязнения вод водохранилищ и источников Крыма в 2002 и 2003 гг. хлорорганическими пестицидами и фенольными соединениями// Материалы Научной конференции «Ломоносовские чтения» 2015 года и Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2015» / – Севастополь: ООО «Экспресс - печать», 2015. С. 51
14. Рябинин А. И., Клименко Н. П., Боброва С. А., Мальченко Ю. А. Мониторинг загрязнения вод водохранилищ Крыма токсичными органическими соединениями в 1999 г. // Материалы Научной конференции «Ломоносовские чтения» 2015 года и Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2015» / – Севастополь: ООО «Экспресс - печать», 2015. С. 50
15. Рябинин А. И., Клименко Н. П., Боброва С. А., Мальченко Ю. А. Мониторинг загрязнения органическими веществами вод озера Донузлав и сточных вод г. Евпатория в 1999 г.// Там же. С. 52.
16. Рябинин А. И., Салтыкова Л. В., Клименко Н. А., Мальченко Ю. А. и др. Микрокомпонентный состав атмосферных осадков в районе г. Севастополя // Труды украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института. Киев 2000. – Вып. 245. Гидрометеорологические исследования в Украине. С. 172–181.
17. Харламкович Г. Д., Чуркин Ю. В. Фенолы. – Москва: Химия, 1974. – 376 с.
18. Levsen K. Organic compounds in cloud and rain water / K. Levsen, S. Behnert, P. Mubmann, M. Raabe, B. Prieb // Int. J. Environ. Anal. Chem. 1993. – V. 52. – № 1–4. – P. 87–97.
19. Thomas O. Industrial wastewater in examination / O. Thomas, H. Khorassani, D. Constant // Pitt. Conf. Anal. Chem. Appl. Spectrosc. Atlanta. – 1997. – P. 495.

**ROLE OF ATMOSPHERIC, WATER AND ANTHROPOGENIC MIGRATION IN
POLLUTION OF WATER OBJECTS AND ALSO SEA WATER AREAS,
PHENOL AND ITS DERIVATIVES (ON THE EXAMPLE OF THE CRIMEA)**

kholoitsev A.V., Ryabinin A.I., Malchenko Yu.A., Klimenko N.P., Bobrova S.A.

*Sevastopol office of federal state budgetary institution "State Oceanographic Institute of N. N. Zubov", Russia
E-mail:kholoitsev@mail.ru*

On the example of reservoirs of the Crimea, the open sources of fresh water used for water supply of his cities and also the Sevastopol bay and the Sevastopol beach the role of atmospheric, water and anthropogenic migration of phenol, oh, p-cresol, by m cresol, 2,4 dichlorphenol, a 2,4,6-trikhlorfenola and 2 nitrophenols in pollution by these substances of water objects of the regions of the world remote from large technogenic sources of these connections is estimated.

Keywords: phenol, migration, concentration, reservoirs, sea waters, Crimea, monitoring, pollution.

References

1. Artemenko V.M., Ilyin Yu.P., Kucherenko V.S., Ryabinin A.I., etc. The hydrochemical mode and microelement composition of waters of the Chernorechensky reservoir in 1991–2004//Sb. научн. works "Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Complex Use of Resources of the Shelf". – Issue 12. – NAN of Ukraine, MGI, OF INBYUM. – Sevastopol, 2005. pp. 129–148.

2. GN 2.1.5.1315-03. The hygienic standard the Threshold Limit Values (TLV) of chemicals in water of water objects of economic and drinking and cultural and community water use, the Russian Ministry of Health, утв. 30.04.2003 No. 78. – 84 p.
3. Elin, E.S. Phenolic connections in the biosphere / E.S. Elin. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Science publishing house, 2001. – 392 p.
4. Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas of the USSR//Volume IV. Black Sea. Issue 3. The current state of pollution of waters of the Black Sea / Under A.I. Simonov, A.I. Ryabinin's edition. – Sevastopol: EKOSI – Hydrophysics, 1996. – 230 p.
5. Ilyin Yu.P., Ryabinin A.I., Malchenko Yu.A., etc. State of pollution of an atmospheric precipitation of Sevastopol in 1997-2006//Trudy UKRNIGMI. – 2006. – Issue 255. pp. 165–183.
6. Quality of sea waters on hydrochemical indicators. "Year-book. Black Sea". – Sevastopol: MO UKRNIGMI'S Gidrometfond; for 1991 – 410 p.; for 1992 – 359 p.; for 1993 – 350 p.; for 1994 – 332 p.; for 1995. – 308 p.; for 1996 – 201 p.; for 1997 – 196 p.; for 1998 – 143 p.; for 1999 – 2000. – 159 p.; for 2001 – 175 p.; for 2002 – 125 p.; for 2003 – 132 p.; for 2004 – 146 p.; for 2005 – 137 p.; for 2006 – 146 p.; for 2007. – 151 p.; 2008 – 150 p.; for 2009 – 135 p.; for 2010 – 127 p.; for 2011 – 119 p.; for 2012 – 123 p.; for 2013 – 120 p.
7. Quality of sea waters on hydrochemical indicators. "Year-book. Black Sea". – Sevastopol: Gidrometfond of SOGOIN; – Moscow: GOIN archive; for 1984-1990, 2008-2009.
8. Kuznetsov, O.Yu. Phenolic crisis / O.Yu. Kuznetsov//Safety in a technosphere. 2007. – No. 4. pp. 22–27.
9. Practical ecology of sea regions. Black Sea.//Under edition of physical. – a mat. N of V.M. Keondzhan, PhD in Technological Sciences A.M. Kudina and Yu.V. Terekhina. – Kiev. – Naukova Dumka. – 1990. – 252 p.
10. The guide to methods of the chemical analysis of sea waters (under the editorship of S.G. Oradovsky). – C. PB.: Gidrometeoizdat. – 1993. – 264 p.
11. Guide to the chemical analysis of sea waters. RD 52.10.243-92//Under the editorship of S.G. Oradovsky. – L., Gidrometeoizdat. – 1977. – 208 p.
12. Ryabinin A.I., Klimenko N.P., Bobrova S.A. Gamma hexachlorocyclohexane (γ -GHTsG) and дихлордифенилтрихлорметилметан (DDT) in northern coastal coastal waters of the Black Sea.//Works GOIN. – 2015 (in the press).
13. Ryabinin A.I., Klimenko N.P., Bobrova S.A., Malchenko Yu.A. Monitoring of pollution of waters of reservoirs and sources of the Crimea in 2002 and 2003 organochlorine pesticides and phenolic connections//Materials of the Scientific conference "Lomonosov Readings" of 2015 and the International scientific conference of students, graduate students and young scientists Lomonosov-2015 / – Sevastopol: LLC Express-pechat, 2015. P. 51
14. Ryabinin A.I., Klimenko N.P., Bobrova S.A., Malchenko Yu.A. Monitoring of pollution of waters of reservoirs of the Crimea toxic organic compounds in 1999//Materials of the Scientific conference "Lomonosov Readings" of 2015 and the International scientific conference of students, graduate students and young scientists Lomonosov-2015 / – Sevastopol: LLC Express-pechat, 2015. In the same place. P. 50
15. Ryabinin A.I., Klimenko N.P., Bobrova S.A., Malchenko Yu.A. Pollution monitoring by organic substances of waters of the lake Donuzlav and sewage Yevpatoriya in 1999//In the same place. P. 52
16. Ryabinin A.I., Saltykova L.V., Klimenko N.A., Malchenko Yu.A., etc. Microcomponent structure of an atmospheric precipitation near Sevastopol//Works of the Ukrainian research hydrometeorological institute. Kiev 2000. – issue 245. Hydrometeorological researches in Ukraine. pp. 172–181.
17. Harlamkovich G.D., Churkin Yu.V. Phenols. – Moscow: Chemistry, 1974. – 376 p.
18. Levsen, To. Organic compounds in cloud and rain water/K. Levsen, S. Behnert, P. Mubmann, M. Raabe, B. Prieb//Int. J. Environ. Anal. Chem. 1993. – V. 52. – No. 1–4. – pp. 87–97.
19. Thomas, O. Industrial wastewater in examination / O. of Thomas, H. Khorassani, D. Constant//Pitt. Conf. Anal. Chem. Appl. Spectrosc. Atlanta. – 1997. – P. 495.