

**УДК: 544.6.504**

*В. В. Крымова, Н. А. Сурова*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ НА ГРАФИТОВОМ ЭЛЕКТРОДЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРЭСНОВОДНЫХ И МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

В настоящее время электрохимические методы анализа, а особенно инверсионная вольтамперометрия (ИВА) на твердых электродах получили широкое распространение для контроля за экологическим состоянием объектов окружающей среды в связи с достаточной точностью (относительная погрешность 10%), селективностью, чувствительностью (до  $10^{-12}$  -  $10^{-14}$  моль/л), универсальность простотой приборного обеспечения. Метод ИВА позволяет определять большое количество металлов-загрязнителей: Cu, Pb, Bi, Sb, As, Ca, Zn, Ag, Te, Cd, Ge, Hg, He, N, Co, Fe, и др. [1]. Как показывает опыт в настоящее время этот метод широко применяется для контроля за состоянием водных объектов, почвы и биологических материалов, что позволяет делать заключение по состоянию экосистемы в целом и проследить пути поступления и возможности накопления поллютантов.

Основная проблема контроля состояния вод связана со сложностью и изменчивостью во времени состава контролируемых объектов. Водный раствор, особенно морская вода, содержит, как правило, множество разнообразных неорганических и органических (ПАВ, остатки кислот и др.) веществ, которые токсичны и сами могут вступать в химическое взаимодействие с определяемыми элементами, т.е. образуют со временем различные химические формы веществ, что дает возможность определять всю совокупность загрязнителя в целом. Кроме того часть металлов со временем откладывается в донные осадки и тоже выводится из системы. Однако известно, что наиболее ядовита свободная форма ионов металлов, которая хорошо определяется электрохимическим методом. Экологическое состояние прибрежной части Черного моря свидетельствует о сильной антропогенной нагрузке на систему и не располагает к полноценному использованию его в целях отдыха и оздоровления [2]. Состояние пресноводных экосистем, которые являются природно-ресурсным потенциалом региона тоже вызывают опасения. Особую угрозу представляет загрязнение подземных родниковых источников, которые являются эталоном оценки химического состава грунтовых и подземных вод [3].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами использован метод ИВА на графитовом электроде для оценки загрязнения пресноводных источников предгорного Крыма (72 источника на охраняемых территориях заповедников) и урбанизированных территориях на содержание цинка, кадмия, свинца и меди.

Исследования проводили на полярографе ПУ-1 - из одной аликвоты на ацетатном фоне в режиме инверсионной вольтамперометрии. С химической точки зрения определение содержания тяжелых металлов в пресной воде методом ИВА не вызывает сомнения, поскольку, если нет значительного загрязнения органическими формами, которые мешают определению, то определяются все электрохимически активные формы элементов. В тоже время сложные химические процессы (комплексообразование, осаждение и т.д.) происходящие в морской воде [1] значительно осложняют определение непосредственно ядовитой формы металла. Для получения экологической обстановки пресноводных экосистем нами были исследованы пробы родниковых источников на охраняемых территориях (монастыри, горный массив Карадага, урочище Кизил-Коба, гора Демерджи, Бабуган-яйла) и урбанизированных территориях (Симферополь, Симферопольский район, пгт. Богатое).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты методом ИВА четко показали (на уровне  $10^{-10}$  моль/л чувствительности) отсутствие кадмия в заповедных источниках и появление его в пробах в пределах ПДК - 0,01 мг/л в осенний период, что возможно в результате смыва фосфорных удобрений и выпадением с атмосферными осадками. Однако в источнике на территории Симферополя, расположенного в урбанизированном районе наблюдалось летнее превышение (22 ПДК).

Медь в большинстве источников не обнаружена, а содержание цинка не превышает ПДК = 1 мг/л [4], кроме колодезной воды Карадагской биостанции (в 1,5 ПДК) и источника в г. Симферополе (12ПДК), что в последнем случае указывает на антропогенное воздействие. Прослеживается повышенное содержание свинца в пробах открытых скважин и родников, находящихся у дорог и в населенных пунктах.

Полученные данные показали, что наиболее чистыми являются источники, расположенные на территории монастырей в Старом Крыму, мыс Фиолент, Бахчисарайский район, а также дальние горные источники, что бесспорно может служить косвенным доказательством чистоты подземных вод.

Очень наглядное доказательство целесообразности применения метода ИВА для морских экосистем было получено при изучении сезонности загрязнения побережья в районе г. Севастополя. Наблюдения проводили на участке от поселка Учкучевка до бухты Северная ежемесячно.

Среднемесячное содержание свинца в морской воде достигало до 8,10 мг/л, кадмия - до 0,18 мг/л в летние месяцы, когда наиболее активизировано антропогенное поступление их в морскую воду. Аналогичная картина для цинка и меди. Однако превышения ПДК по этим металлам не наблюдалось. Замечены

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ  
НА ГРАФИТОВОМ ЭЛЕКТРОДЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРЭСНОВОДНЫХ  
И МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

---

закономерности неравномерного содержания элементов в прибрежной части и внутренней акватории, что очевидно зависит от водообмена с открытой частью моря.

Можно отметить то, что методом ИВА при постоянном исследовании концентраций тяжелых металлов, а также химического солевого состава возможно выявить источники поступления и распределения химических форм антропогенного элемента [1].

Расчет относительной погрешности метода по всем металлам показал, что  $Sr < 0,1$ . Методика достаточно селективна и экспрессна [5].

### Список литературы

1. Электроаналитические методы в контроле окружающей среды/Под ред. Е.Я. Неймана. - М.: Химия, 1990. - 238 с.
2. Современное состояние загрязнения вод Черного моря/Под ред. Т.И. Симонова, т.4. В.3. Черное море. - Севастополь, 1996. - 228 с.
3. Экологическая химия/Под ред. Ф. Корте. - М.: Мир, 1997. - 395 с.
4. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды/Под ред. П.К. Исаева. - С.-Пет.: Экометрия, 1998. - 851 с.
5. Сурова Н.А. Исследование возможности совместного определения токсичных металлов на компьютеризированной вольтамперометрической системе в объектах окружающей среды/Ученые записки СГУ. - 1998. - №7(46). - С. 175-178.

*Поступила в редакцию 12.09.2002 г.*