Геохимическая характеристика водных объектов различной трофности с применением фильтрационных методов

Ивлева Е.А., Алехин Ю.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет, Москва, Россия,
E-mail: lendrover@list.ru

АННОТАЦИЯ: В работе рассмотрен химический состав поверхностных вод двух объектов с различными геохимическими обстановками. Исследованы различия в закономерностях распределения элементов в эвтрофном и дистрофном водоемах Владимирской области. Для объектов проведен ряд фильтрационных экспериментов без замены мембраны (непрерывная фильтрация), позволяющих определить долю микроэлементов во взвешенных и растворенных фракциях и ассоциации микроэлементов, совместно мигрирующие в природной воде.

Geochemical characteristics of water bodies with various trophicity using filtration methods

Ivleva E.A., Alekhin Yu.V.

Lomonosov Moscow State University, Geological Department, Moscow, Russia

ABSTRACT: The chemical composition of the surface water of two objects with different geochemical composition was investigated. The patterns of distribution of elements in the eutrophic and dystrophic reservoirs of the Vladimir region were considered. A series of filtration experiments were carried out for these objects without replacing the membrane (continuous filtration) in order to determine the proportion of trace elements in colloidal and dissolved fractions and the association of trace elements in natural water.

ВВЕДЕНИЕ

Для изучения распределения частиц природной воды по фракциям различной размерности часто используют фильтрационные методы, в частности методы мембранного разделения [2-5]. Они основаны на разделении веществ в растворах при фильтрации через полупроницаемые мембраны. В большинстве случаев разделение фракций природных вод по размерам осуществляется методом каскадной фильтрации [1]. В этом случае сначала вода фильтруется через грубопористый фильтр, а по мере ухудшения фильтрационных свойств (снижения объемной скорости фильтрации) заменяется на другой, с меньшим номиналом пор. В данной работе предлагается рассмотреть альтернативный способ изучения распределения элементов – непрерывную фильтрацию без замены разделяющей перегородки.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Для исследования элементного состава природных вод и распределения фракций по взвешенным и растворенным формам, были выбраны 2 объекта с различной трофностью: дистрофное озеро Игнатково и эвтрофное озеро Ершевик (Владимирская область). Водные пробы для проведения анализов были отобраны в летний период 2015 года.

Для проведения эксперимента собиралась установка, состоящая из контейнера (материал – полипропилен), куда полностью погружался фильтр (фильтр-пластина, запаянная по пери-

метру пластиковой окантовкой, площадью 231,6 см²), а затем проба воды. После прохождения через фильтр-пластину, вода попадала в нижнюю ёмкость с пробоприёмником.

Фильтрация осуществлялась без прилагаемого давления и без перемешивания, защемленный воздух из фильтра был удален. В качестве фильтра использовался ядерный трековый фильтр ФиТреМ-0,2 фирмы ИННИТ (Дубна).

Фильтрация каждой серии заключалась в непрерывном пропускании 10 литров воды через фильтр с номиналом пор 0.2 мкм и отборе проб в точках 1, 3, 5, 10 литров в 50 мл пробирки. В пробах были определены содержания Li, B, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Pb, U, Ti, V, Cr, Co, As, Na, Mg, Ca, K, Fe, P.

Определения содержаний элементов проводились на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой. Посредством расчета критерия Пирсона была произведена оценка совместной миграции элементов в последовательных фильтрах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

И ОБСУЖДЕНИЕ

Для озера Ершевик при фильтрации через фильтр с номиналом пор 0.2 мкм можно выделить следующие группы элементов в отношении взвешенной и растворенной фракции: элементы, значительно связанные со взвешенной фракцией (>30% элемента присутствует во фракции больше 0.2 мкм) – Mn, Fe, Pb, Ti, V, Y, Na, U, As, Sr, P, Zr, Cr, Mo, и незначительно (<30%) – Mg, Ca, K, Co; и элементы, присут-

ствующие в растворенном виде, не задерживающиеся на фильтрах - Li, B, Rb. Доля элементов, связанных со взвешенными веществами и задерживающаяся на фильтре, составляет (по убыванию доли элемента во взвешенной фракции, %): Mn – 98, Fe – 89, Pb – 83, Ti – 82, V – 77, Y – 70, Na – 69, U – 64, As – 52, Sr – 48, P – 47, Zr – 45, Cr – 37, Mo – 37, Mg – 29, Ca – 24, K – 18. Вид кривых содержаний элементов от профильтрованного объема показан на рисунках 1-4. По распределению элементов в фильтрах можно выделить группы: элементы, концентрация которых в фильтрате остается практически постоянной - Mg, Ca, K, Na, U, Cd, Mo; элементы, концентрация которых постепенно уменьшается - Fe, Co, Pb, V; элементы, содержания которых меняются, часто увеличиваясь к 3-5 литрам - Cr, Ti, As, P, Y, Zr. Для озера Ершевик отмечается совместная миграция Fe, V, Y, U, Sr, Pb; Cr, Ti.

Рис.1. Содержание макроэлементов в природной воде (точка 0) и фильтрах (точки 1-10)

Рис.2. Содержание U, Y, Zr, Cd, Co в природной воде (точка 0) и фильтрах (точки 1-10)

По распределению в процессе фильтрации для озера Игнатково (рис. 5-8) в отношении взвешенной и растворенной фракции можно выделить группы: элементы, значительно связанные со взвешенным веществом (>30% элемента во фракции больше 0.2 мкм) – P, Fe, Ca, Sr, и слабо – Mg, Ti, Na, K, Mn, Pb, Mo, V, Y, Cr; и элементы, присутствующие в данном объекте в растворенном виде, не задерживающиеся на фильтрах - Li, B, Rb, Co, As, Y, Zr, U. Доля

элементов, связанных со взвешенными веществами составляет (в %): для P–72, Fe–52, Ca–46, Sr–40, Mg–23, Ti–22, Na–17, K–16, Mn–16, Pb–14, Mo–8, V–6, Cr–5. По распределению элементов в фильтрах можно выделить следующие группы: элементы, концентрация которых остается практически постоянной - Mg, Ca, K, Na, Y, Zr; элементы, концентрация которых во взвешенной фракции постепенно увеличивается - Mo, P; элементы, содержания которых меняются, часто увеличиваясь к 3-5 литрам – Fe, Cr, Ti, As, Pb, V. Отмечается совместная миграция Fe, Sr, Ti.

Рис.3. Содержание V, Mo, Cr, Pb, Ti, As в природной воде (точка 0) и фильтрах (точки 1-10)

Рис. 4. Содержание P, Mn, Fe в природной воде (точка 0) и фильтрах (точки 1-10)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, сравнивая химический состав водных объектов, можно сказать, что более высокими концентрациями характеризуется эвтрофное озеро Ершевик. Рассматривая серию последовательных фильтратов, можно отметить, что для обоих объектов набор элементов, связанных со взвешенной фракцией практически идентичен (P, Fe, Ca, Sr, Mg, Ti, Na, K, Mn, Pb, Mo, V, Y, Cr присутствуют во взвешенной фракции в обоих объектах), однако доля элементов, связанных со взвешенным веществом, больше в озере Ершевик, нежели в озере Игнатково. Содержания в фильтрах таких элементов, как Mg, Ca, K, Na остается постоянным не зависимо от объекта, содержания Cr, Ti, As меняются в обоих объектах, увеличиваясь к 3-5 литрам, что может указывать на накопление

слоя осадка на фильтре, обеспечивающего переход этих элементов в раствор по мере увеличения их количества на мембране.

Рис. 5. Содержание макроэлементов в природной воде (т. 0) и фильтрах (т. 1-10)

Рис. 6. Содержание Mo, Zr, Y в природной воде (т. 0) и фильтрах (т. 1-10)

Рис. 7. Содержание V, As, Cr, Pb, Ti в природной воде (т. 0) и фильтрах (т. 1-10)

Рис. 8. Содержание P, Mn, Fe в природной воде (т. 0) и фильтрах (т. 1-10)

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 19-35-90088, № 19-05-00519

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алехин Ю.В., Ильина С.М., Лапицкий С.А., Ситникова М.В. Результаты изучения совместной миграции микроэлементов и органического вещества в речном стоке бореальной зоны – Вестник Московского университета. Геология, 2010 – Т. 6(4). – С. 49-55.
2. Benoit G. Evidence of the particle concentration effect for lead and other metals in freshwaters based on ultraclean technique analysis – Geochimica et Cosmochimica Acta, 1995 – V. 59 – P. 2677-2687.
3. Dupre B., Viers J., Dandurand J.-L., Polve M., Benezeth P., Vervier Ph., Braun J.-J. Major and trace elements associated with colloids in organic-rich river waters: ultrafiltration of natural and spiked solutions – Chemical Geology, 1999 – V. 160 – P. 63-80.
4. Hoffmann S.R., Shafer M.M., Babiarz C.L., Armstrong D.E. A critical evaluation of tangential-flow ultrafiltration for trace metal studies in freshwater systems. 1. Organic carbon – Environmental Science & Technology, 2000 – V. 34 – P. 3420-3427.
5. Howe K.J., Clark M.M. Fouling of microfiltration and ultrafiltration membranes by natural waters – Environmental Science & Technology, 2002 – V. 36 – P. 3571-3576.