

УДК 637.074

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЛЕНА В ВОДЕ, ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И МАКРОФИТАХ БАССЕЙНА СРЕДНЕЙ ВОЛГИ

© Н.А. Пудовкин, П.В. Смутнев

Ключевые слова: микроэлементы; миграция селена; экосистема; макрофиты.

Изложены результаты проведенного анализа по миграции селена в водной экосистеме. Наибольшая концентрация селена была зафиксирована в районах оврага Мутный ключ и оврага Залетаевский в черте Саратовского района. Концентрация микроэлемента у правого берега несколько выше, чем у левого. Концентрация селена в донном грунте колебалась в пределах от 0,062 до 0,097 мкг/г. Наибольшее содержание микроэлемента определено в растении камыш озерный.

В.И. Вернадский указал на важность изучения миграции химических элементов, определяемой живыми организмами, которую он назвал биогенной миграцией элементов [1–3].

Одним из важных микроэлементов является селен, который необходим для нормальной жизнедеятельности организмов. Промышленная и сельскохозяйственная деятельность человека привели к повышенному накоплению этого микроэлемента в окружающей природной среде, особенно в водных экосистемах, т. к. они являются наиболее уязвимыми к антропогенному воздействию. Бионакопление селена биотой в водных экосистемах в основном происходит либо через воду, либо через пищу [4].

Высокие уровни селена в водных экосистемах могут вызывать различные уродства у гидробионтов и, в свою очередь, негативно сказываться на здоровье человека. Поэтому изучение миграционной активности эссенциальных микроэлементов, а в частности селена, в экосистемах является весьма актуальной задачей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальная часть исследований проводилась в 2013 г. в лаборатории «Экологический мониторинг» кафедры «Морфология, патология животных и

биология» Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова.

Для изучения содержания селена в макрофитах были взяты следующие виды растений: камыш озерный *Schoenoplectus lacustris* (Palla, 1888), ежеголовник прямой *Sparganium erectum* (L. s.l.), водокрас обыкновенный *Hydrocharis morsus-ranae* (L., 1753), ряска малая *Lemna minor* (L., 1753) [5–6].

Содержание селена определяли флуориметрическим методом [7]. Цифровой материал подвергался статистической обработке с вычислением критерия Стьюдента на персональном компьютере с использованием стандартной программы вариационной статистики Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Первым этапом наших исследований было определение селена в воде реки Волга. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Наибольшая концентрация селена была зафиксирована в районах оврага Мутный ключ и оврага Залетаевский: 0,028 и 0,031 мкг/мл, соответственно. Концентрация микроэлемента у правого берега несколько выше, чем у левого. Самая низкая концентрация микро-

Таблица 1

Концентрация селена в воде реки Волга (мкг/мл)

Пункты наблюдений	Правый берег	Середина	Левый берег
устье р. Гуселка	0,023 ± 0,003	0,021 ± 0,004	0,024 ± 0,002
с. Пристанное	0,027 ± 0,002	0,023 ± 0,002	0,022 ± 0,003
г. Энгельс	0,023 ± 0,004	0,022 ± 0,003	0,020 ± 0,004
г. Саратов:			
ов-г Мутный ключ	0,028 ± 0,002	0,021 ± 0,002	0,023 ± 0,002
ов-г Залетаевский	0,031 ± 0,004	0,022 ± 0,001	0,027 ± 0,004
Увекский «ковш»	0,025 ± 0,002	0,024 ± 0,002	0,026 ± 0,003
ов-г Сеча	0,024 ± 0,003	0,023 ± 0,003	0,023 ± 0,002

элемента установлена в середине водоема. В остальных местах наблюдения содержание селена составляло от 0,023 до 0,027 мкг/мл у правого берега, от 0,021 до 0,024 мкг/мл в середине водоема и от 0,020 до 0,027 мкг/мл у левого берега.

Вода обогащается селеном за счет миграции его из грунта и окружающих водоемов почв и разрушающейся органики. Часто количество селена в грунте предопределяет его концентрацию в воде, но часто на содержание микроэлемента влияют биологические процессы, близость грунтовых вод, поступление сточных вод, климатические особенности.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что концентрация селена в воде реки Волга неоднородная, и на содержание микроэлемента оказывают влияние различные природные и антропогенные факторы. В центре реки содержание селена в середине реки ниже, чем у берегов. Это, возможно, связано с более быстрым течением и более интенсивным перемешиванием воды. Также на содержание микроэлемента влияет интенсивность промышленных сбросов.

Данные о содержании микроэлементов в донных отложениях носят разрозненный характер. Элементарный состав донных отложений отражает биогеохимическую ситуацию конкретного субрегиона биосферы, т. е. зависит от состава материнской породы, рельефа местности, свойств воды, жизнедеятельности гидробионтов и других факторов. Поэтому содержание микроэлементов в грунтах различных водоемов сильно варьируется [8].

Мы провели исследование грунта реки Волга в различных участках на территории Саратовского региона. Результаты представлены в табл. 2.

По данным наших экспериментов, в почвах обследованных мест дна количество селена колеблется от 0,062 до 0,106 мкг/г.

Концентрация селена в донном грунте Левобережья колебалась в пределах от 0,062 до 0,097 мкг/г. Наименьшая концентрация селена отмечалась около города Энгельс (0,062 мкг/г), села Пристанное (0,068 мкг/г), а наибольшая – около оврага Мутный ключ (0,097 мкг/г), оврага Сеча (0,090 мкг/г).

Содержание селена в донном грунте Правобережья варьирует от 0,068 до 0,092 мкг/г. Наименьшая концентрация этого элемента отмечалась около города Энгельс (0,068 мкг/г), села Пристанное (0,072 мкг/г), а наибольшая – около Увекского «ковша» (0,092 мкг/г), оврага Мутный ключ (0,089 мкг/г).

При изучении содержания селена в донном грунте установлено, что концентрация селена в донном грунте посередине реки выше, чем у берегов. Это можно объяснить более низкой микробиологической активностью при разложении органических остатков и малым количеством произрастающих растений. Установлено, что наибольшее количество микроэлемента фиксируется в придонном слое, куда он попадает с осадочными породами [9].

Просматривая результаты исследований из табл. 3, можно расположить все исследуемые растения по содержанию селена в следующем порядке (по средней величине содержания селена): камыш озерный (0,093 мкг/г), ряска малая (0,082 мкг/г), ежеголовник прямой (0,081 мкг/г), водокрас обыкновенный (0,080 мкг/г). У ряски малой, ежеголовника прямого и водокраса обыкновенного среднее содержание селена находится примерно на одном уровне.

Таблица 2

Концентрация селена в донных отложениях реки Волга (мкг/г)

Пункты наблюдений	Правый берег	Середина	Левый берег
устье р. Гуселка	0,087 ± 0,004	0,091 ± 0,004	0,083 ± 0,003
с. Пристанное	0,072 ± 0,002	0,075 ± 0,002	0,068 ± 0,004
г. Энгельс	0,068 ± 0,002	0,079 ± 0,002	0,062 ± 0,001
г. Саратов:			
ов-г Мутный ключ	0,089 ± 0,005	0,106 ± 0,006	0,097 ± 0,004
ов-г Залетаевский	0,078 ± 0,003	0,097 ± 0,004	0,086 ± 0,001
Увекский «ковш»	0,092 ± 0,006	0,094 ± 0,002	0,083 ± 0,003
ов-г Сеча	0,082 ± 0,004	0,089 ± 0,003	0,090 ± 0,004

Таблица 3

Концентрация селена в макрофитах реки Волга (мкг/г)

Пункты наблюдений	Камыш озерный	Ежеголовник прямой	Водокрас обыкновенный	Ряска малая
устье р. Гуселка	0,089 ± 0,004	0,073 ± 0,004	0,069 ± 0,002	0,067 ± 0,003
с. Пристанное	0,093 ± 0,007	0,071 ± 0,003	0,086 ± 0,004	0,082 ± 0,001
г. Энгельс	0,083 ± 0,001	0,087 ± 0,002	0,064 ± 0,002	0,085 ± 0,002
г. Саратов:				
ов-г Мутный ключ	0,111 ± 0,005	0,098 ± 0,006	0,073 ± 0,002	0,076 ± 0,004
ов-г Залетаевский	0,093 ± 0,004	0,076 ± 0,004	0,089 ± 0,001	0,082 ± 0,002
Увекский «ковш»	0,086 ± 0,002	0,083 ± 0,002	0,099 ± 0,004	0,088 ± 0,003
ов-г Сеча	0,094 ± 0,002	0,080 ± 0,003	0,083 ± 0,002	0,091 ± 0,001

Наивысшее содержание микроэлемента установлено в пределах города Саратов, это, по-видимому, связано с более высокой антропогенной нагрузкой на данную территорию.

Приведенные примеры растений с полной очевидностью обосновывают геохимическую неоднородность водных экосистем. Селен в водных экосистемах является одним из регуляторов метаболизма водных организмов, и его недостаток в основных компонентах экосистем водоемов ограничивает процесс превращения материи, уменьшает интенсивность фотосинтеза, что отрицательно влияет на рыбопродуктивность водоема [8].

ВЫВОДЫ

Таким образом, концентрация селена в воде неоднородна. Наибольшая концентрация селена была зафиксирована в районах оврага Мутный ключ и оврага Залетаевский: 0,028 и 0,031 мкг/мл, соответственно. Концентрация микроэлемента у правого берега несколько выше, чем у левого.

Концентрация селена в донном грунте Левобережья колебалась в пределах 0,062–0,097 мкг/г. Содержание селена в донном грунте Правобережья варьирует от 0,068 до 0,092 мкг/г.

Все исследуемые растения по содержанию селена можно расположить в следующем порядке (по убыванию): камыш озерный, ряска малая, ежеголовник прямой, водокрас обыкновенный.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Айрис-Пресс, 2012. 576 с.

Пудовкин Николай Александрович, Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Российская Федерация, кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры морфологии, патологии животных и биологии, e-mail: niko-pudovkin@yandex.ru

Pudovkin Nikolay Aleksandrovich, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russian Federation, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Morphology, Pathology of Animals and Biology Department, e-mail: niko-pudovkin@yandex.ru

Смутнев Петр Владимирович, Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Российская Федерация, кандидат ветеринарных наук, ассистент кафедры микробиологии, биотехнологии и химии, e-mail: smutnev-asd@yandex.ru

Smutnev Pyotr Vladimirovich, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russian Federation, Candidate of Veterinary Sciences, Assistant of Microbiology, Biotechnology and Chemistry Department, e-mail: smutnev-asd@yandex.ru

2. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 1987. 340 с.
3. Остроумов С.А. Гидробионты как фактор регуляции потоков вещества и миграции элементов в водных экосистемах // Известия Самарского науч. центра РАН. Самара, 2003. Т. 5. № 2. С. 249-255.
4. Ерофеева И.А. Анализ содержания тяжелых металлов в эпифитных лишайниках в условиях городской среды // Вестник Саратовского государственного аграрного университета. Саратов, 2013. № 3. С. 20-23.
5. Биологический энциклопедический словарь / под ред. М.С. Гилярова. М.: Сов. энциклопедия, 1989. 864 с.
6. Иллюстрированный определитель растений Средней России. М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технологических исследований, 2002. Т. 1. С. 129-163.
7. Назаренко И.Н., Кислова И.В., Гусейнов Т.М. Флуориметрическое определение селена в биологическом материале с помощью 2,3-диаминафталина // Журнал аналитической химии. 1975. Т. 30. № 4.2. С. 43-47.
8. Воробьев В.И. Биогеохимия и рыбоводство. Саратов: МП Литера, 1993. 224 с.
9. Капительчук М.В., Голубкина Н.А., Шешнищан С.С. Особенности аккумуляции селена растениями водных экосистем Молдавии // Вестник МГОУ. Серия Естественные науки. 2013. № 3. С. 104-108.

Поступила в редакцию 11 июля 2014 г.

Pudovkin N.A., Smutnev P.V. FEATURES OF ACCUMULATION AND DISTRIBUTION OF SELENIUM IN WATER, BENTHAL DEPOSITS AND MACROPHYTES OF MIDDLE VOLGA BASIN

The article presents the results of the analysis on migration of selenium in the aquatic environment. The highest concentration of selenium was detected in areas of muddy ravine and gully Zaltaevsky key precincts in the Saratov region. The concentration of trace elements at the right side is slightly higher than the left bank. Selenium concentration in the bottom soil ranged from 0.062–0.097 mkg/g. The highest content of trace elements is determined in the plant bulrush.

Key words: trace elements selenium migration; ecosystem; macrophytes.