

П. В. Смутнев, Н. А. Пудовкин

МИГРАЦИЯ СЕЛЕНА В ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ РЕКИ ВОЛГИ В ГРАНИЦАХ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ¹

Содержание селена определялось в воде р. Волги, в донном грунте, в макрофитах, планктонных и бентосных формах, моллюсках и в организме различных видов рыб. Наибольшая концентрация селена в воде была зафиксирована в районах оврагов Токмаковский и Назаровский в черте г. Саратова Саратовской области. Концентрация микроэлемента у правого берега была несколько выше, чем у левого. Концентрация селена в донном грунте колебалась в пределах 0,062–0,091 мкг/г: в грунте Левобережья – 0,062–0,090 мкг/г, в грунте Правобережья – 0,068–0,091 мкг/г. По средней величине содержания селена макрофиты можно расположить в следующем порядке (по убыванию): рдест пронзеннолистный, элодея канадская, рогоз широколистный, рогозник полупогруженный. Планктонные и бентосные формы рассматриваются как наиболее важные звенья в пищевых цепях водоемов, играющие огромную роль в концентрации и биогенной миграции селена. Наибольшая концентрация микроэлементов зафиксирована в олигохетах (0,042 мкг/г), наименьшая – в организме бокоплавов (0,039 мкг/г). По средней величине концентрации селена виды моллюсков располагаются в следующем порядке: беззубка рыба (0,044 мкг/г); перловица клиновидная (0,042 мкг/г); прудовик озерный (0,041 мкг/г); речная дрейссена (0,040 мкг/г). Концентрация селена в организме рыб зависит от их вида и типа питания. По способности аккумулировать селен исследованные виды пресноводных рыб можно расположить в следующем порядке: карась (0,079 мкг/г); толстолобик (0,073 мкг/г); синец (0,072 мкг/г); сазан (0,069 мкг/г), красноперка (0,068 мкг/г). Результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что концентрация селена в воде р. Волги неоднородна и на содержание микроэлемента оказывают влияние различные природные и антропогенные факторы.

Ключевые слова: водная экосистема, миграция селена, макрофиты, планктонные и бентосные формы, моллюски, карповые.

Введение

Геохимические и биогеохимические процессы, протекающие в биосфере, а также деятельность человека обуславливают миграцию, рассеивание и концентрацию химических элементов (в том числе микроэлементов) в породах, почвах, грунтах, водах, воздухе, растительных и животных организмах, оказывая влияние на геохимическую обстановку, складывающуюся в данной геохимической провинции [1, 2].

В последнее время проблема выяснения биологической роли микроэлементов в жизни населения водных экосистем стала привлекать внимание специалистов в области гидробиологии, ихтиологии, рыбоводства и др., т. к. пресноводные экосистемы считаются наиболее уязвимыми перед антропогенным воздействием. Воздействие загрязняющих веществ на водную экосистему достаточно сложное, поэтому определение общей антропогенной нагрузки на водную среду обитания в общем и на водные организмы в частности – весьма актуальная задача. Известно, что рыбы занимают вершину пищевой цепи водоема и могут являться оптимальным биоиндикатором содержания микроэлементов [1, 3].

В связи с вышеизложенным целью исследований являлось изучение миграции селена в водной экологической системе на примере р. Волги в границах Саратовской области.

Материалы и методы исследований

Первым этапом исследований было определение селена в воде и донных грунтах р. Волги.

Экспериментальная часть исследований проводилась в 2014 г. в лаборатории экологического мониторинга кафедры «Морфология, патология животных и биология» Саратовского государственного аграрного университета им. Н. И. Вавилова.

В качестве объектов исследований были выбраны:

– по 12 особей **различных видов рыб**, распространённых в бассейне р. Волги: сазан европейский *Cyprinus carpio* (L., 1758), карась серебряный *Carassius gibelio* (Bloch, 1782), синец *Ballerus ballerus* (L., 1758), белый толстолобик – *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844) и красноперка *Scardinius erythrophthalmus* [4];

¹ Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ, грант № 16-34-00135 мол_а.

– **макрофиты**: рогоз широколистный *Typha latifolia* (L., 1753), элодея канадская *Elodea canadensis* (Michx, 1803), рдест пронзеннолистный *Potamogeton perfoliatus* (L., 1753), роголистник полупогруженный *Ceratophyllum submersum* (L., 1753) [5, 6];

– **моллюски**: беззубка рыба *Anodonta piscinalis* (Nilsson, 1822); перловица клиновидная *Unio tumidus* (Philipsson, 1788); прудовик озерный *Lymnaea stagnalis* (Linne, 1758); речная дрейсена *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771);

– **планктонные и бентосные организмы** – бокоплав *Amphipoda* (Latreille, 1816), олигохеты (*Oligochaeta*) и хирономиды *Chironomidae* (Jacobs, 1900) [7].

Содержание селена определяли флуориметрическим методом [8].

Цифровой материал подвергался статистической обработке с вычислением критерия Стьюдента на персональном компьютере с использованием стандартной программы вариационной статистики Microsoft Excel.

Результаты исследований

Содержание селена в воде р. Волги. Согласно данным табл. 1, в ходе исследований наивысшая концентрация микроэлемента была зафиксирована вблизи берегов, в середине реки концентрация селена ниже.

Таблица 1

Концентрация селена в воде р. Волги

| Пункт наблюдений | Правый берег | Середина | Левый берег |
|--------------------|-----------------------------|---------------|---------------|
| | Концентрация селена, мкг/мл | | |
| Устье р. Гусьелка | 0,023 ± 0,003 | 0,021 ± 0,004 | 0,024 ± 0,002 |
| Село Пристанное | 0,027 ± 0,002 | 0,023 ± 0,002 | 0,022 ± 0,003 |
| Город Энгельс | 0,023 ± 0,004 | 0,022 ± 0,003 | 0,020 ± 0,004 |
| Город Саратов: | | | |
| Овраг Белоглинский | 0,025 ± 0,002 | 0,021 ± 0,003 | 0,014 ± 0,005 |
| Овраг Крутенький | 0,022 ± 0,001 | 0,021 ± 0,002 | 0,019 ± 0,003 |
| Овраг Токмаковский | 0,025 ± 0,004 | 0,019 ± 0,004 | 0,020 ± 0,003 |
| Овраг Назаровский | 0,028 ± 0,002 | 0,017 ± 0,002 | 0,022 ± 0,001 |

Наибольшая концентрация селена была зафиксирована в районах оврагов Токмаковский и Назаровский – 0,028 и 0,025 мкг/мл соответственно. Концентрация микроэлемента у правого берега оказалась несколько выше, чем у левого берега.

Содержание селена в донных грунтах р. Волги. Грунты пресноводных континентальных водоемов до сих пор изучены мало. Донные отложения водоемов образуются в результате механического осаждения и химико-биологических процессов, протекающих внутри каждого водоема. Количество подвижных форм микроэлементов, в частности селена, в донных отложениях увеличивается по мере утяжеления их механического состава с переходом от песчаных к суглинистым. На концентрацию селена влияет также состав материнских пород и почв, климат, рельеф местности, свойства воды, жизнедеятельность гидробионтов и другие факторы [9]. Результаты нашего исследования грунта р. Волги на территории Саратовской области представлены в табл. 2.

Таблица 2

Концентрация селена в донных отложениях р. Волги

| Пункт наблюдений | Правый берег | Середина | Левый берег |
|--------------------|----------------------------|---------------|---------------|
| | Концентрация селена, мкг/г | | |
| Устье р. Гусьелка | 0,087 ± 0,004 | 0,091 ± 0,004 | 0,083 ± 0,003 |
| Село Пристанное | 0,072 ± 0,002 | 0,075 ± 0,002 | 0,068 ± 0,004 |
| Город Энгельс | 0,068 ± 0,002 | 0,079 ± 0,002 | 0,062 ± 0,001 |
| Город Саратов: | | | |
| Овраг Белоглинский | 0,083 ± 0,004 | 0,095 ± 0,004 | 0,088 ± 0,005 |
| Овраг Крутенький | 0,091 ± 0,002 | 0,099 ± 0,005 | 0,090 ± 0,003 |
| Овраг Токмаковский | 0,085 ± 0,003 | 0,090 ± 0,004 | 0,082 ± 0,001 |
| Овраг Назаровский | 0,088 ± 0,001 | 0,093 ± 0,004 | 0,081 ± 0,003 |

По наши данным, в почвах обследованных мест дна количество селена составило от 0,062 до 0,099 мкг/г.

Концентрация селена в донном грунте Левобережья колебалась в пределах 0,062–0,090 мкг/г. Наименьшая концентрация селена отмечалась около г. Энгельса – 0,062 мкг/г и с. Пристанное – 0,068 мкг/г, наибольшая – около оврагов Крутенький и Белоглинский – 0,090 и 0,088 мкг/г соответственно.

Содержание селена в донном грунте Правобережья варьирует от 0,068 до 0,091 мкг/г. Наименьшая концентрация этого элемента отмечалась около г. Энгельса – 0,068 мкг/г и с. Пристанное – 0,072 мкг/г, наибольшая – около оврагов Крутенький и Назаровский – 0,091 и 0,088 мкг/г соответственно.

Содержание селена в макрофитах р. Волги. Особую роль в миграции микроэлементов, в частности селена, играют водные растения – макрофиты. Результаты наших исследований по содержанию наиболее распространенных макрофитов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Концентрация селена, в макрофитах р. Волги

| Пункт наблюдений | Рдест пронзеннолистный | Элодея канадская | Рогоз широколистый | Рогозник полупогруженный |
|--------------------|----------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------|
| | Концентрация селена, мкг/г | | | |
| Устье р. Гусёлка | 0,063 ± 0,005 | 0,045 ± 0,004 | 0,031 ± 0,003 | 0,023 ± 0,004 |
| Село Пристанное | 0,051 ± 0,003 | 0,043 ± 0,001 | 0,028 ± 0,002 | 0,019 ± 0,003 |
| Город Энгельс | 0,051 ± 0,006 | 0,049 ± 0,005 | 0,033 ± 0,004 | 0,025 ± 0,003 |
| Город Саратов: | | | | |
| Овраг Белоглинский | 0,059 ± 0,004 | 0,042 ± 0,005 | 0,025 ± 0,001 | 0,020 ± 0,002 |
| Овраг Крутенький | 0,058 ± 0,003 | 0,043 ± 0,001 | 0,023 ± 0,005 | 0,024 ± 0,001 |
| Овраг Токмаковский | 0,071 ± 0,007 | 0,051 ± 0,003 | 0,032 ± 0,002 | 0,018 ± 0,002 |
| Овраг Назаровский | 0,072 ± 0,006 | 0,047 ± 0,004 | 0,029 ± 0,004 | 0,021 ± 0,003 |

Согласно данным табл. 3, все исследуемые растения по содержанию селена можно расположить в следующем порядке: рдест пронзеннолистный (0,061 мг/г), элодея канадская (0,046 мг/г), рогоз широколистный (0,029 мг/г), рогозник полупогруженный (0,021 мг/г).

Наиболее обеспечен селеном рдест пронзеннолистный, наименее – рогозник полупогруженный. Прибрежный макрофит – рогоз широколистный содержит селен в меньших концентрациях, чем погруженные растения – рдест пронзеннолистный и элодея канадская.

Содержание селена в планктоне и бентосе. Селен этими организмами извлекается из воды в виде неорганических соединений.

Планктонные и бентосные формы необходимо рассматривать как наиболее важные звенья в пищевых цепях водоемов, играющие огромную роль в концентрации и биогенной миграции селена. Совершая большую биогенную работу, планктонные и бентосные организмы извлекают из воды неорганические соединения микроэлемента и переводят их в органические, которые далее переходят на более высокой уровень пищевой цепи.

Результаты исследований по концентрации селена в планктонных и бентосных живых формах представлены в табл. 4.

Таблица 4

Концентрация селена в гидробионтах, обитающих в р. Волге

| Пункт наблюдений | Вид организма | | |
|--------------------|----------------------------|---------------|---------------|
| | Бокоплавы | Олигохеты | Хирономиды |
| | Концентрация селена, мкг/г | | |
| Устье р. Гусёлка | 0,038 ± 0,005 | 0,043 ± 0,004 | 0,039 ± 0,005 |
| Село Пристанное | 0,039 ± 0,004 | 0,041 ± 0,003 | 0,042 ± 0,003 |
| Город Энгельс | 0,040 ± 0,004 | 0,042 ± 0,006 | 0,035 ± 0,003 |
| Город Саратов: | | | |
| Овраг Белоглинский | 0,036 ± 0,003 | 0,040 ± 0,005 | 0,042 ± 0,004 |
| Овраг Крутенький | 0,038 ± 0,004 | 0,042 ± 0,005 | 0,050 ± 0,004 |
| Овраг Токмаковский | 0,042 ± 0,005 | 0,043 ± 0,003 | 0,039 ± 0,005 |
| Овраг Назаровский | 0,039 ± 0,002 | 0,041 ± 0,003 | 0,038 ± 0,004 |

Согласно данным табл. 4, накопление селена во всех планктонных и бентосных организмах происходит примерно с одинаковой интенсивностью.

Наибольшая концентрация микроэлементов зафиксирована в олигохетах. Изучаемые виды по средней величине содержания селена можно расположить в следующем порядке: олигохеты (0,042 мкг/г) > хирономиды (0,041 мкг/г) > бокоплавы (0,039 мкг/г).

Содержание селена в моллюсках. Моллюски играют особую роль в жизни водной экосистемы, однако содержание селена в моллюсках, обитающих в р. Волге, изучено мало. Для исследований нами были взяты наиболее широко распространенные виды моллюсков, обитающих в р. Волге (табл. 5).

**Концентрация селена в моллюсках,
обитающих в р. Волге**

| Пункт наблюдений | Вид моллюска | | | |
|----------------------------|---------------|-----------------------|-------------------|------------------|
| | Беззубка рыба | Перловица клиновидная | Прудовик озерный, | Речная дрейссена |
| Концентрация селена, мкг/г | | | | |
| Устье р. Гусёлка | 0,045 ± 0,001 | 0,042 ± 0,005 | 0,041 ± 0,004 | 0,035 ± 0,004 |
| Село Пристанное | 0,049 ± 0,005 | 0,042 ± 0,004 | 0,042 ± 0,003 | 0,041 ± 0,005 |
| Город Энгельс | 0,042 ± 0,003 | 0,038 ± 0,001 | 0,039 ± 0,002 | 0,037 ± 0,003 |
| Город Саратов: | | | | |
| Овраг Белоглинский | 0,042 ± 0,005 | 0,039 ± 0,003 | 0,040 ± 0,004 | 0,039 ± 0,002 |
| Овраг Крутенький | 0,045 ± 0,002 | 0,049 ± 0,002 | 0,039 ± 0,003 | 0,044 ± 0,003 |
| Овраг Токмаковский | 0,047 ± 0,003 | 0,037 ± 0,001 | 0,042 ± 0,004 | 0,042 ± 0,005 |
| Овраг Назаровский | 0,044 ± 0,002 | 0,043 ± 0,002 | 0,043 ± 0,005 | 0,039 ± 0,004 |

Согласно данным табл. 5, концентрация селена у всех изучаемых видов моллюсков находится примерно на одном уровне, однако у беззубки рыба этот показатель выше, чем у остальных. По средней величине концентрации селена изучаемые виды можно расположить в следующем порядке: беззубка рыба (0,044 мкг/г) > перловица клиновидная (0,042 мкг/г) > прудовик озерный (0,041 мкг/г) > речная дрейссена (0,040 мкг/г).

Содержание селена в организме рыб. В ходе исследований было изучено содержание селена в организме некоторых карповых видов рыб, наиболее распространенных в р. Волге (табл. 6).

Таблица 6

Концентрация селена в тканях различных видов рыб семейства карповых

| Орган | Вид рыб | | | | |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Карась | Синец | Толстолобик | Сазан | Красноперка |
| Концентрация селена, мкг/г | | | | | |
| Жабры | 0,078 ± 0,007 | 0,085 ± 0,008 | 0,088 ± 0,007 | 0,071 ± 0,003 | 0,073 ± 0,006 |
| Кишечник | 0,067 ± 0,005 | 0,069 ± 0,006 | 0,080 ± 0,004 | 0,056 ± 0,004 | 0,071 ± 0,002 |
| Гонады | 0,074 ± 0,004 | 0,079 ± 0,005 | 0,084 ± 0,005 | 0,068 ± 0,006 | 0,069 ± 0,003 |
| Мышцы | 0,047 ± 0,003 | 0,052 ± 0,006 | 0,065 ± 0,003 | 0,058 ± 0,003 | 0,053 ± 0,003 |
| Печень | 0,089 ± 0,008 | 0,091 ± 0,009 | 0,095 ± 0,007 | 0,086 ± 0,007 | 0,079 ± 0,005 |
| Плавательный пузырь | 0,051 ± 0,006 | 0,057 ± 0,003 | 0,053 ± 0,004 | 0,043 ± 0,002 | 0,046 ± 0,004 |
| Чешуя | 0,082 ± 0,003 | 0,072 ± 0,006 | 0,069 ± 0,001 | 0,077 ± 0,003 | 0,088 ± 0,008 |

Анализ данных табл. 6 показывает, что по способности аккумулировать селен исследованные виды можно расположить в следующем порядке: карась (0,079 мкг/г) > толстолобик (0,073 мкг/г) > синец (0,072 мкг/г) > сазан (0,069 мкг/г) > красноперка (0,068 мкг/г). Межвидовые различия составили до 14 %.

В жаберной ткани концентрация селена составила от 0,088 до 0,071 мкг/г. По содержанию микроэлемента в жаберных лепестках изучаемые виды можно расположить в следующем порядке: толстолобик (0,088 мкг/г) > синец (0,085 мкг/г) > карась (0,078 мкг/г) > красноперка (0,073 мкг/г) > сазан (0,071 мкг/г).

Основная масса селена поступает в организм рыб с пищей. В кишечнике концентрация микроэлемента составляла 0,056–0,080 мкг/г. Наибольшее содержание микроэлемента отмечено в кишечнике толстолобика.

В гонадах наименьшая концентрация селена установлена у сазана и красноперки (0,068 и 0,069 мкг/г соответственно), наивысшая – у толстолобика (0,084 мкг/г). Межвидовые различия составили 23,5 %.

Высокое содержание селена отмечено также в чешуе исследуемых видов рыб – от 0,069 до 0,088 мкг/г.

По содержанию селена в скелетной мускулатуре исследуемые виды рыб можно расположить в следующем порядке: карась > синец > красноперка > сазан > толстолобик.

Обсуждение результатов исследования

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что концентрация селена в воде р. Волги неоднородная и на содержание микроэлемента оказывают влияние различные природ-

ные и антропогенные факторы. Содержание селена в середине реки ниже, чем у берегов. Это связано, возможно, с более быстрым течением и более интенсивным перемешиванием воды. На содержание микроэлемента влияет также интенсивность промышленных сбросов, которые в наибольших количествах поступают в нижней урбанизированной зоне (районы оврагов Токмаковский и Назаровский), где была зафиксирована наибольшая концентрация селена – 0,028 и 0,025 мкг/мл соответственно.

Концентрация микроэлемента у правого берега несколько выше, чем левого берега, что можно объяснить более высокой антропогенной нагрузкой на данную территорию.

При изучении содержания селена в донном грунте установлено, что концентрация селена в донном грунте посередине реки выше, чем у берегов. Это возможно 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 [2].

При изучении концентрации микроэлемента в макрофитах определено, что содержание селена в водных растениях выше, чем в береговых. Это, возможно, связано с тем, что в погруженные растения селен поступает по всей их поверхности.

Приведенные примеры растений с полной очевидностью подтверждают 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 водоёма [2].

На содержание селена в организме планктонных, бентосных форм и организмах моллюсков наиболее значительное влияние оказывает содержание микроэлемента в воде, т. к. большинство моллюсков ведет относительно оседлый образ жизни, фильтруя воду для отцеживания пищевых частиц из воды. На накопление селена влияет также глубина обитания видов.

При определении содержания селена в организме пресноводных рыб самое высокое содержание селена было зафиксировано в печени, что закономерно с позиции детоксицирующей и белковосинтезирующей функций данного органа. Относительно высокая концентрация микроэлемента установлена также в чешуе, что, возможно, связано с депонирующей функцией данной ткани.

Высокий уровень микроэлемента в жаберных лепестках связан с функциональной особенностью данного органа, т. к. некоторое количество селена поступает из воды в процессе дыхания [9].

Установлено, что у травоядных видов рыб концентрация селена в организме выше, чем у всеядных. В тканях рыб, которые питаются беспозвоночными организмами, селен редко накапливают выше концентраций, характерных для пищи.

Высокое содержание в половых продуктах белков и легкоокисляемых субстратов приводит к накоплению селена в данной ткани, т. к. он входит в состав некоторых белков. Кроме того, половые клетки содержат минеральные вещества, которые необходимы для полноценного развития зародыша [10].

Наименьшее содержание селена в организме изучаемых видов отмечено в скелетной мускулатуре, но т. к. мышцы по массе занимают первое место в организме, то, возможно, они выполняют депонирующую функцию и функцию перераспределения микроэлемента в организме.

Выводы

Таким образом, концентрация селена в воде неоднородна. Наибольшая концентрация селена была зафиксирована в районах оврагов Токмаковский и Назаровский – 0,028 и 0,025 мкг/мл соответственно. Концентрация микроэлемента у правого берега несколько выше, чем у левого берега.

Концентрация селена в донном грунте Левобережья колебалась в пределах 0,062–0,090 мкг/г. Наименьшая концентрация селена отмечалась около г. Энгельса – 0,062 мкг/г и с. Пристанное – 0,068 мкг/г, наибольшая – около оврагов Крутенький и Белоглинский – 0,090 и 0,088 мкг/г соответственно.

Все исследованные растения по содержанию селена можно расположить в следующем порядке: рдест пронзеннолистный (0,061 мкг/г), элодея канадская (0,046 мкг/г), рогоз широколистный (0,029 мкг/г), рогозник полупогруженный (0,021 мкг/г).

В целом по средней величине содержания селена в изучаемых планктонных и бентосных формах их можно расположить в следующем порядке: олигохеты (0,042 мкг/г) > хирономиды (0,041 мкг/г) > бокоплавы (0,039 мкг/г).

По средней величине концентрации селена виды моллюсков располагаются в следующем порядке: беззубка рыба (0,044 мкг/г); перловица клиновидная (0,042 мкг/г); прудовик озерный (0,041 мкг/г); речная дрейссена (0,040 мкг/г).

По способности аккумулировать селен исследованные виды рыб можно расположить в следующем порядке: карась (0,079 мкг/г); толстолобик (0,073 мкг/г); синец (0,072 мкг/г); сазан (0,069 мкг/г), красноперка (0,068 мкг/г). Межвидовые различия составили до 14 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев В. И. Биогеохимия и рыбоводство / В. И. Воробьев. Саратов: Литера, 1993. 224 с.
2. Капитальчук М. В. Особенности аккумуляции селена растениями водных экосистем Молдавии / М. В. Капитальчук, Н. А. Голубкина, С. С. Шешницан // Вестн. Москов. гос. обл. ун-та. Сер.: Естественные науки. 2013. № 3. С. 104–108.
3. Dat J. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses / J. Dat, S. Vandennebeele, E. Vranjva // Cell Mol. Live Sci. 2000. No. 57. P. 779–795.
4. Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран / Л. С. Берг. М.: Изд-во АН СССР, 1949. Т. 2. С. 469–929.
5. Иллюстрированный определитель растений Средней России. М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технолог. исслед., 2002. Т. 1. С. 129–163.
6. Биологический энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл., 1989. 864 с.
7. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под общ. ред. С. Я. Цалолыхина. Т. 6. Моллюски, полихеты, немертину. СПб.: Наука, 2004. 528 с.
8. Назаренко И. Н. Флуорометрическое определение селена в биологическом материале с помощью 2,3-диаминонафталина / И. Н. Назаренко, И. В. Кислова, Т. М. Гусейнов // Журнал аналитической химии. 1975. Т. 30, № 4. С. 733–737.
9. Shulman G. E. The Biochemical Ecology of Marine Fishes / G. E. Shulman, R. M. Love // Advances in Marine Biology. San Diego: Acad. Press, 1999. Vol. 36. 351 p.
10. Голубкина Н. А. Содержание селена в пресноводной рыбе России / Н. А. Голубкина, С. Д. Мункуева // Хранение и переработка сельхозсырья. 2003. № 4. С. 15–20.

Статья поступила в редакцию 30.10.2015

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Смутнев Пётр Владимирович – Россия, 410012, Саратов; Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова; канд. вет. наук; доцент кафедры «Микробиология, биотехнология и химия»; Smutnev-asd@yandex.ru.

Пудовкин Николай Александрович – Россия, 410012, Саратов; Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова; канд. вет. наук, доцент; доцент кафедры «Морфология, патология животных и биология»; niko-pudovkin@yandex.ru.



P. V. Smutnev, N. A. Pudovkin

MIGRATION OF SELENIUM IN AQUATIC ECOSYSTEMS OF THE VOLGA RIVER WITHIN THE BORDERS OF THE SARATOV REGION

Abstract. The content of selenium was determined in the waters of the Volga river, in bottom ground, in the macrophytes, in plankton and benthic forms, mollusks and organism of different fish species. The highest concentration of selenium was recorded in the districts of the ravines Tokmakovsky and Nazarovsky within the boundaries of Saratov, the Saratov region. The concentration of the microelement on the right bank was slightly higher than on the left one concentration of selenium in ground soil varied within 0.062–0.091 mkg/g: in the Left bank soil – 0.062–0.090 mkg/g,

in the Right bank soil – 0.068–0.091 mkg/g. In accordance with the average value of selenium macrophytes can be arranged in the following order (reduction): pondweed perfoliate, Canadian waterweed, broadleaf and semi-submerged cattail. Planktonic and benthic forms must be regarded as the most important links in the food chain of reservoirs, which play a huge role in the concentration and biogenic migration of selenium. The highest concentration of microelements is fixed in oligochaetes (0.042 mkg/g) and the smallest – in the body of amphipods (0.039 mkg/g). In accordance with the average concentration of selenium the species of mollusks can be placed in the following order: mussel (0.044 mkg/g), pearl shell (0.042 mkg/g), pond snail (0.041 mkg/g) and river zebra mussel (0.040 mkg/g). The concentration of selenium in fish depends on the type of the food. By the ability to accumulate selenium the studied species of freshwater fish can be placed in the following order: crucian carp (0.079 mkg/g); silver carp (0.073 mkg/g); titmouses (0.072 mkg/g); sazan (0.069 mkg/g), and rudd (0.068 mkg/g). The results of the study help draw a conclusion that the concentration of selenium in water of the river Volga is not uniform and different natural and human factors influence the content of microelement.

Key words: aquatic ecosystem, migration of selenium, macrophytes, plankton and benthic forms, mollusks, carp species.

REFERENCES

1. Vorob'ev V. I. *Biogeokhimiia i rybovodstvo* [Biogeochemistry and fishery]. Saratov, Litera Publ., 1993. 224 p.
2. Kapital'chuk M. V., Golubkina N. A., Sheshnitsan S. S. Osobennosti akumulatsii selena rasteniiami vodnykh ekosistem Moldavii [Peculiarities of accumulation of selenium in plants of aquatic ecosystems in Moldova]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*, 2013, no. 3, pp. 104–108.
3. Dat J., Vandenabeele S., Vranjva E. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. *Cell Mol. Live Sci.*, 2000, no. 57, pp. 779–795.
4. Berg L. S. *Ryby presnykh vod SSSR i sopredel'nykh stran* [Freshwater fishes in the USSR and contiguous countries]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1949. Vol. 2, pp. 469–929.
5. *Illustrirovannyi opredelitel' rastenii Srednei Rossii* [Illustrated determinant of plants in the Middle Russia]. Moscow, Tovarichestvo nauchnykh izdaniy KMK, Institut tekhnologicheskikh issledovaniy, 2002. Vol. 1, pp. 129–163.
6. *Biologicheskii entsiklopedicheskii slovar'* [Biological encyclopedic dictionary]. Moscow, Sovetskaia entsiklopediia, 1989. 864 p.
7. *Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii* [Determinant of freshwater invertebrates in Russia and contiguous countries]. Vol. 6. Molliuski, polikhety, nemertiny. Saint-Petersburg, Nauka Publ., 2004. 528 p.
8. Nazarenko I. N., Kislova I. V., Guseinov T. M. Fluorometricheskoe opredelenie selena v biologicheskom materiale s pomoshch'iu 2,3-diaminonafthalina [Fluorometric determination of selenium in biological samples using 2,3-diaminonaphthalene]. *Zhurnal analiticheskoi khimii*, 1975, vol. 30, no. 4, pp. 733–737.
9. Shulman G. E., Love R. M. *The Biochemical Ecology of Marine Fishes. Advances in Marine Biology*. San Diego: Acad. Press, 1999, vol. 36. 351 p.
10. Golubkina N. A., Munkueva S. D. Soderzhanie selena v presnovodnoi rybe Rossii [Content of selenium in freshwater fish in Russia]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyria*, 2003, no. 4, pp. 15–20.

The article submitted to the editors 30.10.2015

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Smutnev Peter Vladimirovich – Russia, 410012, Saratov; Saratov State Agricultural University named after N. I. Vavilov; Candidate of Veterinary Sciences; Assistant Professor of the Department "Microbiology, Biotechnology and Chemistry"; smutnev-asd@yandex.ru.

Pudovkin Nikolay Aleksandrovich – Russia, 410012, Saratov; Saratov State Agricultural University named after N. I. Vavilov; Candidate of Veterinary Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department "Animal Morphology, Pathology and Biology"; nikopudovkin@yandex.ru.

