

ronmental agents, including abiotic (8), biotic (12) and anthropic (1 reason). From 5% to 90% of the leaf beetles population die as a result of unfavorable wintering conditions, sharp fluctuations in temperature and humidity, wind and precipitation; 2 reasons (concerning the resources of the forage base), 2 reasons (caused by the imbalance of the age and sexual structure of the population and therefore low reproductive potential), 2 reasons (determined by the fierce competition of insects and larval cannibalism) and 6 reasons (associated with the influence of predators, parasites and pathogens) are able to «withdraw» from 2% to 96% of the livestock (eggs, larvae, pupae and adults) of the population. It is concluded that many agents affects the number of insects.

*Keywords:* Samara Region; leaf; leaf-beetles; insects; fluctuations in population size; natural fluctuations in population size; irregular fluctuations in population size; abiotic factors; biotic factors; anthropogenic factors; efficiency; parasitic arthropods; helminths; entomophorous.

УДК 631.4:551.8

DOI 10.24411/2309-4370-2019-12109

Статья поступила в редакцию 07.02.2019

## МЫШЬЯК И СЕЛЕН В БЕРЕГОВЫХ ПОЧВАХ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРУДОВ ГОРОДА САМАРЫ

© 2019

**Прохорова Наталья Владимировна**, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии, ботаники и охраны природы

**Макарова Юлия Владимировна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, ботаники и охраны природы

**Бугров Сергей Вячеславович**, аспирант кафедры экологии, ботаники и охраны природы

**Герасимов Юрий Леонидович**, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой зоологии, генетики и общей экологии

**Платонов Игорь Артемьевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой химии

**Горюнов Максим Глебович**, инженер кафедры химии

*Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва  
(г. Самара, Российская Федерация)*

*Аннотация.* Мышьяк и селен включены в группу химических элементов первого класса опасности, что обуславливает необходимость анализа их содержания в природных средах естественных и техногенных экосистем при эколого-биогеохимическом мониторинге. По своим химическим свойствам мышьяк и селен являются металлоидами, или полуметаллами. В очень малых концентрациях они необходимы для нормального функционирования организмов, но при повышении концентраций в среде обитания или продуктах питания проявляют высокую токсичность. Особенно большую опасность представляет накопление мышьяка и селена в аккумулятивных средах и ландшафтах, к которым относятся почвы и замкнутые водоемы. Для урбоэкосистем Самарской области мониторинг содержания мышьяка и селена в компонентах их аккумулятивных ландшафтов ранее не проводился, что подтверждает актуальность и практическую значимость представленных материалов. Авторами были осуществлены эколого-геохимические исследования накопления мышьяка и селена в береговых почвах и донных отложениях двадцати прудов, расположенных в г. Самаре в пределах берегового склона Саратовского водохранилища (Волжского склона) и на водоразделе между Саратовским водохранилищем и р. Самарой. Анализ полученных результатов показал относительно низкий уровень накопления мышьяка в анализируемых субстратах всех изученных прудов. По сравнению с уровнем регионального фона для Среднего Поволжья, изученные аккумулятивные акваландшафты заметно обогащены селеном (в 2–15 раз). Техногенное поступление мышьяка и селена в аккумулятивные ландшафты г. Самары может быть связано с деятельностью металлообрабатывающих и машиностроительных предприятий, а также ТЭЦ. Представленные в статье материалы о содержании мышьяка и селена в береговых почвах и донных отложениях городских прудов г. Самары можно считать пионерными для региона и в дальнейшем использовать в эколого-геохимическом мониторинге региональных урбоэкосистем.

*Ключевые слова:* пруды; береговые почвы; донные отложения; урбоэкосистемы; мышьяк; селен; тяжелые металлы; металлоиды; эколого-геохимический мониторинг; класс опасности; региональная фоновая концентрация; токсичность химических элементов; изолинейное картирование; город Самара; Самарская область.

### Введение

Современная урбанизация сопровождается резким ростом загрязнения природных сред городов тяжелыми металлами и металлоидами (полуметаллами) [1]. Источники полиметаллического загрязнения в городах многообразны, а их негативное воздействие особенно остро проявляется в отношении почвы, являющейся основным геохимическим барьером урбоэкосистем. Почва непосредственно контактирует с воздухом, принимая участие в регулировании газового состава атмосферы, служит фильтром, очища-

ющим поверхностные стоки от загрязняющих веществ, а также экраном, осаждающим и удерживающим атмосферные поллютанты. При этом она становится источником вторичного загрязнения водной и воздушной сред города, что создает угрозу нормальной жизнедеятельности организмов, включая человека [1; 2]. Максимальное количество тяжелых металлов и металлоидов накапливается в придорожных зонах и в аккумулятивных ландшафтах, к которым относятся замкнутые водоемы, в частности, искусственные пруды.

В научной литературе имеется достаточно много сведений о загрязнении воды и донных отложений озер, рек и прудов на городских территориях тяжелыми металлами [3–5], но очень мало данных по металлоидам [6]. В низких концентрациях они проявляют себя как микроэлементы, необходимые для нормальной жизнедеятельности организмов, а в повышенных концентрациях весьма токсичны, что объясняет актуальность мониторинга их содержания в водных экосистемах городов. В частности, к группе металлоидов относятся мышьяк и селен, которые в эколого-геохимических исследованиях часто объединяют с тяжелыми металлами из-за сходного с ними свойства – проявления токсичности при повышении концентрации в среде обитания или в пище [2].

Мышьяк (As) относится к веществам первого класса опасности. Он включен в группу химических элементов, которые обязательно должны выявляться в процессе экологического мониторинга [2; 7]. По своим свойствам это токсичный и канцерогенный элемент, но в очень малых дозах он выполняет важные и разнообразные функции в организме, являясь эссенциальным элементом. В живых клетках мышьяк взаимодействует с тиоловыми группами белков, оказывает влияние на окислительные процессы в митохондриях [8; 9]. Известно, что при длительном употреблении продуктов и воды, содержащих даже низкие концентрации мышьяка, возникают опасные заболевания. Он способен накапливаться в организме, постепенно поражая все органы и ткани, а его высокие дозы приводят к летальному исходу [10; 11]. Наибольшую опасность для человека представляет потребление воды с высоким содержанием этого химического элемента [12]. Неорганические формы мышьяка наиболее токсичны и в природной среде представлены различными минералами, среди которых арсенаты, арсениды, мышьякислые сульфиды, сульфиды и др. [13]. При включении мышьяка в пищевые цепи происходит его метилирование с образованием менее токсичных органических соединений [9]. Мышьяк – активный водный мигрант. В процессе гипергенеза он выщелачивается из горных пород и поступает в биогеохимический круговорот [14; 15], в ходе которого образует высокотоксичные подвижные соединения, загрязняющие почвенный покров и акватории [16].

В почве мышьяк может находиться в виде органических или неорганических соединений. Его среднее содержание в почвах мира составляет 5 мг/кг [17], а фоновое содержание для черноземных почв России – 5,6 мг/кг [18]. Российская предельно-допустимая концентрация (ПДК) мышьяка равна 2 мг/кг (с учетом фона), а ориентировочно-допустимая концентрация (ОДК) – от 5 до 10 мг/кг в зависимости от типа почв [7]. В.А. Ковда считал уровень содержания мышьяка в почве в диапазоне 2–20 мг/кг наименее опасным [19]. Установлено, что токсичность мышьяка зависит от степени его окисленности: трехвалентный мышьяк в 2–3 раза токсичнее пятивалентного мышьяка, который менее подвижен и прочнее адсорбируется частицами почвы [20]. Технологическое поступление мышьяка в окружающую среду происходит вследствие сжигания нефтепродуктов, угля, добычи и переработки руд, содержащих мышьяк, минералов серы и фосфора, производства металлов и металлообработки [9], применения пестицидов [21].

Селен (Se) также относится к металлоидам. Он способен вызывать канцерогенез и мутагенез, поэтому включен в группу элементов первого класса

опасности [2]. Доказана эссенциальность селена, так как в определенных количествах он необходим для нормального роста и развития живых организмов. В частности, недостаток селена понижает урожайность сельскохозяйственных культур, вызывает беломышечную дистрофию животных, некрозы и дегенерацию их внутренних органов, а его недостаточное потребление человеком приводит к снижению иммунитета и появлению ряда опасных заболеваний (болезни Кешана и Кашина-Бека). Тем не менее большинство соединений селена токсичны, а избыток элемента в организме является причиной острых и хронических отравлений, вызывает нервные расстройства, нарушение функций печени, воспаления [22].

По А.П. Виноградову, содержание селена в почвах мира равно 0,01 мг/кг [17], но в настоящее время его кларк для мировых почв считается не установленным и требует уточнения. В частности, для почв США кларк селена показан на уровне 0,4 мг/кг [20]. Есть данные о том, что содержание селена в почве ниже 0,125 мг/кг указывает на его дефицит; содержание в пределах 0,125–0,175 мг/кг считается недостаточным; в пределах 0,175–3,0 мг/кг – оптимальным; свыше 3,0 мг/кг – избыточным [23]. Основными источниками селена в природе являются вулканическая активность и выветривание материнских пород (в особенности базальтов) [24]. Селен накапливается в углях. Почвы, сформировавшиеся на черных углистых сланцах, имеют более высокую концентрацию селена по сравнению с почвами, сформировавшимися на известняках [25]. Антропогенными источниками поступления селена в окружающую среду являются добыча полезных ископаемых и сжигание ископаемого топлива, внесение фосфатных удобрений или использование в качестве удобрений осадков сточных вод, ирригация, выплавка металлов из их руд, а также переработка ядерного топлива [12].

Все вышесказанное подтверждает актуальность изучения особенностей накопления и распределения мышьяка и селена в природных средах конкретных регионов. Первые достаточно значимые исследования накопления этих элементов в почвенном покрове Самарской области были осуществлены более 20 лет назад. Они позволили получить региональные фоновые значения концентраций мышьяка и селена для почв [26; 27]. Региональный фоновый показатель для мышьяка в целом укладывается в существующие нормы и составляет 7,36 мг/кг. Показатель по селену получился явно превышенным (12,29 мг/кг), что, возможно, связано с погрешностью используемого метода анализа в отношении этого элемента (характеристического рентгеновского излучения, или РИХЕ). В настоящее время среднее содержание селена в почвах лесостепи Среднего Поволжья оценивается как 0,16 мг/кг [28], что более соответствует данным по другим регионам России и мира.

Поскольку мышьяк и селен относятся к элементам первого класса опасности, особую значимость представляют данные об уровнях их содержания в природных компонентах урбоэкосистем, прежде всего в почвах и замкнутых водных объектах, как аккумулирующих геохимических системах. Исследования накопления мышьяка и селена в городских почвах Самарского региона проводились эпизодически [29]. В отношении донных отложений водоемов существуют данные по Саратовскому и Куйбышевскому водохранилищам [30]. Объективных сведений о накоплении мышьяка и селена в донных отложениях

малых замкнутых водоемов (озерах и прудах) на территории городов Самарской области не найдено. Эти обстоятельства определили направленность настоящего исследования, целью которого является изучение особенностей накопления и распределения мышьяка и селена в береговых почвах и донных отложениях городских прудов на территории г. Самары.

**Объекты и методы исследования**

В качестве объектов исследования были выбраны 20 прудов, расположенных в г. Самаре в пределах берегового склона Саратовского водохранилища (Волжского склона) и на водоразделе между Саратовским водохранилищем и р. Самарой. Так как у большинства прудов нет устоявшихся и общепринятых названий, в качестве таковых использованы обозначения их местоположений (табл. 1).

Средние пробы береговых почв и донных отложений для каждого пруда отбирали по общепринятым в почвоведение, гидрологии и биогеохимии методикам [31; 32]. Количественное определение валового содержания мышьяка и селена в пробах осуществляли методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой [33] на оптико-эмиссионном спектрометре «PlasmaQuant® PQ 9000» («Analytik Jena AG», Германия) в специализированной лаборатории кафедры химии Самарского университета.

**Результаты исследования и их обсуждение**

В табл. 1 представлены количественные данные о валовом содержании мышьяка и селена в береговых почвах и донных отложениях изучаемых городских

прудов. Концентрация мышьяка изменяется в достаточно широких пределах как в береговых почвах (от 2,08 до 8,25 мг/кг), так и в донных отложениях (от 1,26 до 13,80 мг/кг) прудов. Средние концентрации мышьяка для общих выборок по береговым почвам и донным отложениям составляют 4,93 и 5,65 мг/кг соответственно. Согласно гигиеническим нормативам ГН 2.1.7.020-94 [7], ОДК мышьяка для почв Самарской области равна 10 мг/кг. Для донных отложений нормативы по мышьяку не разработаны, поэтому при оценке степени их загрязнения используется ОДК и региональный фоновый показатель для почв.

Содержание мышьяка в береговых почвах большей частью уступают региональному фону и ОДК. Несколько выше регионального фонового показателя концентрация мышьяка в береговых почвах большого пруда на ул. Солнечной.

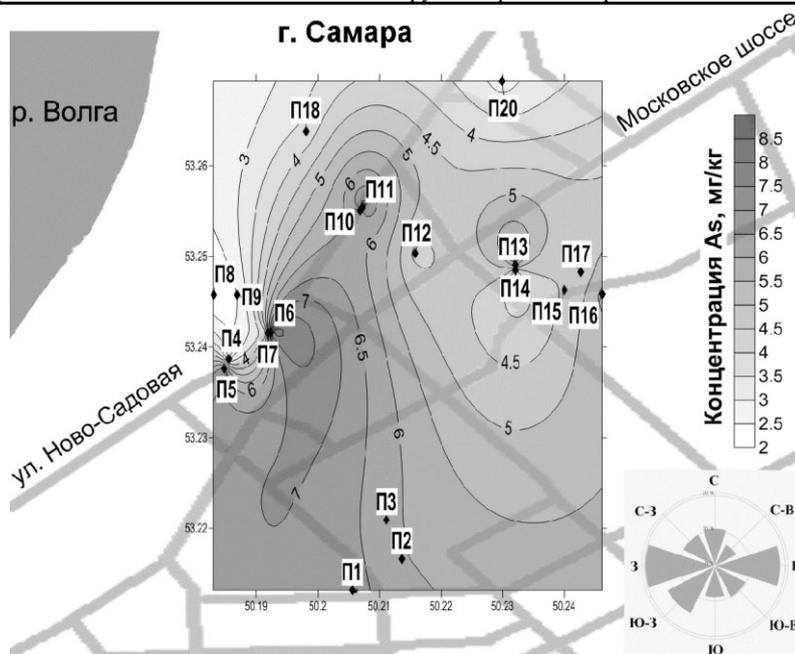
Сравнительный анализ полученных данных о содержании мышьяка в донных отложениях городских прудов в основном не выявил превышений ОДК и регионального фонового показателя для почв. Исключением являются донные отложения пруда СГСПУ, в которых концентрация мышьяка выше ОДК и регионального фона (13,8 мг/кг), а также донные отложения большого пруда на ул. Солнечной, содержащие мышьяк на уровне, слабо превышающем региональный фон (7,78 мг/кг).

На рис. 1 представлено пространственное распределение мышьяка в береговых почвах изучаемых прудов.

**Таблица 1** – Содержание селена и мышьяка в береговых почвах и донных отложениях прудов г. Самары, мг/кг воздушно-сухой пробы

№	Пруд	Координаты	Мышьяк		Селен	
			Берег	Дно	Берег	Дно
1	Пруд Самарского государственного социально-педагогического университета (СГСПУ)	53°12'48" с.ш., 50°12'20" в.д.	6,70	13,80	0,82	2,42
2	Пруд Самарского государственного экономического университете (СГЭУ)	53°13'00" с.ш., 50°12'48" в.д.	6,04	–	1,11	–
3	Пруд на ул. Смольной	53°13'15" с.ш., 50°12'39" в.д.	6,15	5,52	0,68	1,16
4	Большой пруд профилактория «Поволжье»	53°14'19" с.ш., 50°11'07" в.д.	2,83	–	0,29	–
5	Малый пруд профилактория «Поволжье»	53°14'15" с.ш., 50°11'04" в.д.	6,45	3,01	0,72	0,14
6	Большой пруд на ул. Солнечной	53°14'29" с.ш., 50°11'32" в.д.	8,25	7,78	0,00	0,77
7	Малый пруд на ул. Солнечной	53°14'29" с.ш., 50°11'30" в.д.	3,89	5,78	0,11	0,57
8	Большой пруд на 5-й просеке	53°14'44" с.ш., 50°10'58" в.д.	2,08	–	0,07	–
9	Малый пруд на 5-й просеке	53°14'45" с.ш., 50°11'12" в.д.	2,49	1,26	0,07	0,00
10	Левый пруд рядом с автобусной остановкой «ТЦ Пирамида»	53°15'18" с.ш., 50°12'24" в.д.	6,13	–	0,42	–
11	Правый пруд рядом с автобусной остановкой «ТЦ Пирамида»	53°15'19" с.ш., 50°12'25" в.д.	7,32	–	0,73	–
12	Пруд возле бывшего Ипподрома	53°15'01" с.ш., 50°12'56" в.д.	4,35	6,63	0,28	1,00
13	Большой пруд в 13-м микрорайоне	53°14'56" с.ш., 50°13'55" в.д.	6,39	6,54	0,57	0,83
14	Малый пруд в 13-м микрорайоне	53°14'54" с.ш., 50°13'55" в.д.	3,53	5,41	0,66	0,39
15	Пруд в Дубовой роще	53°14'46" с.ш., 50°14'25" в.д.	4,56	3,55	0,66	0,68
16	Пруд Островной	53°14'45" с.ш., 50°14'45" в.д.	5,65	4,53	0,76	0,56
17	Церковный пруд	53°14'53" с.ш., 50°14'34" в.д.	4,56	2,78	0,74	0,49
18	Первый пруд на 8-й просеке	53°15'49" с.ш., 50°11'52" в.д.	3,65	–	0,16	–
19	Второй пруд на 8-й просеке	53°15'47" с.ш., 50°11'39" в.д.	–	6,54	–	1,10
20	Пруд на ул. Бронной	53°16'09" с.ш., 50°13'46" в.д.	2,76	5,96	0,62	0,83
Средняя концентрация:			4,93	5,65	0,50	0,78

Примечание. (–) – данные отсутствуют.



**Рисунок 1** – Пространственное распределение мышьяка в береговых почвах прудов г. Самары.  
П1–П20 – обозначения прудов (согласно табл. 1)

Характер изолиний показывает, что наибольшие концентрации мышьяка характерны для южной и юго-западной частей города, что может быть связано с влиянием ТЭЦ, металлургического завода и машиностроительных предприятий. Определенное повышение содержания мышьяка также наблюдается для почв территорий, расположенных вблизи оживленных автомагистралей на ул. Ново-Садовой и Московском шоссе.

В характере распределения и накопления мышьяка между береговыми почвами и донными отложениями не обнаруживается значительных различий. Из тринадцати прудов, для которых есть соответствующие данные, для семи прудов большая концентрация мышьяка установлена в их береговых почвах, а для шести прудов – в их донных отложениях. Средняя концентрация мышьяка в донных отложениях прудов слабо превышает его среднюю концентрацию в береговых почвах (табл. 1).

Содержание селена варьирует в пределах от 0,0 до 1,11 мг/кг в береговых почвах изучаемых прудов и от 0,0 до 2,41 мг/кг в их донных отложениях (табл. 1). Для оценки опасности загрязнения селеном изучаемых субстратов можно использовать только региональный фоновый показатель для Среднего Поволжья – 0,16 мг/кг [28]. В береговых почвах большинства городских прудов содержание селена в основном превышает этот показатель в 1,8–6,6 раза. Для небольшой части прудов в их береговых почвах селен содержится в более низких концентрациях. В береговых почвах первого пруда на 8-й просеке концентрация селена равна региональному фону.

В донных отложениях большинства прудов содержание селена также превышает региональный фоновый показатель для почв в 2,4–15,1 раза. В донных отложениях одного пруда (малый пруд на 5-й просеке) селен не выявлен, еще в одном (малый пруд профилактория «Поволжье») его концентрация была ниже фонового показателя (табл. 1). Установленные уровни содержания селена в береговых почвах и донных отложениях прудов г. Самары в основном укладываются в диапазон оптимальных концентраций для почв [23].

Наиболее высокие концентрации селена в береговых почвах городских прудов наблюдаются в южной и восточной частях изучаемой территории г. Самары, наименьшие – в северо-западной ее части (рис. 2).

Выявлена тенденция обогащения донных отложений прудов селеном по сравнению с почвами прилегающих к ним территорий. Так, для восьми прудов из тринадцати более высокие концентрации селена характерны для донных отложений (в 1,5–5,4 раза выше, чем в почвах). Общие средние концентрации селена также указывают на приоритет донных отложений перед береговыми почвами в его аккумуляции: 0,777 и 0,495 мг/кг соответственно.

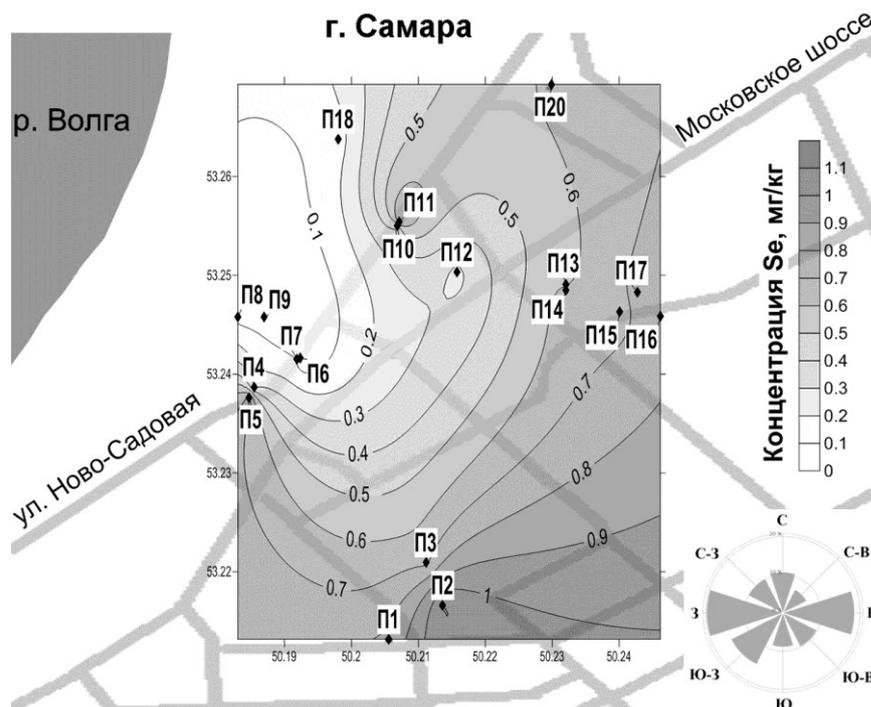
#### Заключение

Проведенные исследования показали, что содержание мышьяка в донных отложениях и береговых почвах прудов г. Самары в целом соответствует существующим нормам. Слабое превышение ОДК (в 1,4 раза) обнаружено в донных отложениях только одного пруда, превышение региональной фоновой концентрации – в донных отложениях двух прудов.

Содержание селена и в береговых почвах, и в донных отложениях большинства изученных прудов превышает фоновую концентрацию для почв Среднего Поволжья в 2–15 раз. Наиболее чистым в отношении селена является малый пруд на 5-й просеке, для которого выявлены очень низкие концентрации селена в береговых почвах и его отсутствие в донных отложениях. Для пяти прудов характерны низкие концентрации селена в их береговых почвах, но повышенное относительно фона его содержание в донных отложениях.

Изолинейное картирование обнаружило определенную связь загрязнения прудов и прилегающих к ним территорий мышьяком и селеном с промышленными предприятиями, расположенными в юго-западной, южной и юго-восточной частях города. Техногенное поступление мышьяка также возможно от автотранспортных магистралей.

Полученные результаты являются новыми для промышленных городов Самарской области и могут быть использованы в геохимическом мониторинге региональных урбоэкосистем по мышьяку и селену, а также в сравнительном анализе техногенного загрязнения водных объектов.



**Рисунок 2** – Пространственное распределение селена в береговых почвах прудов г. Самары. П1–П20 – обозначения прудов (согласно табл. 1)

#### Список литературы:

1. Алексеев В.А. Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. 627 с.
2. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: Издательство Московского университета, 2013. 304 с.
3. Шабанова А.В. К оценке загрязненности тяжелыми металлами прудов Самары // Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: тез. докл. IV междунар. конф. 11–13 сентября, 2013 г., г. Тюмень, Российская Федерация. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2013. С. 176–177.
4. Гузеева С.А. Экологическое состояние поверхностных вод и донных отложений озер г. Тюмени // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2014. № 8. С. 134–139.
5. Винокурова Н.В., Калинина Е.А., Столь Э.Э., Куркина М.В., Ващейкина А.С., Садовников П.В. Тяжелые металлы в донных отложениях некоторых водоемов Калининградской области // Вода: химия и экология. 2016. № 12 (102). С. 87–93.
6. Касимов Н.С., Корляков И.Д., Кошелева Н.Е. Распределение и факторы аккумуляции тяжелых металлов и металлоидов в речных донных отложениях на территории г. Улан-Удэ // Вестник РУДН. Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. 2017. Т. 25, № 3. С. 380–395.
7. ГН 2.1.7.020-94. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах с различными физико-химическими свойствами (валовое содержание, мг/кг). (Дополнение N 1 к перечню ПДК и ОДК N 6229–91) (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 27 декабря 1994 г. N 13).
8. Химические элементы в организме человека. Справочные материалы / под ред. Л.В. Морозовой.

Архангельск: Поморский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 2001. 43 с.

9. Курсков С.Н., Растегаев О.Ю., Чупис В.Н. Мышьяк в природных системах и его эссенциальность // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 3. С. 22–41.
10. Эмсли Д. Элементы. М.: Мысль, 1993. 256 с.
11. Фортегско Д. Геохимия окружающей среды. М.: Мысль, 1992. 327 с.
12. Flanagan S.V., Johnston R.B., Zheng Y. Arsenic in tube well water in Bangladesh: health and economic impacts and implications for arsenic mitigation // Bull World Health Organ. 2012. Vol. 90. P. 839–846.
13. Shrivastava A., Ghosh D., Dash A., Bose S. Arsenic Contamination in Soil and Sediment in India: Sources, Effects, and Remediation // Current Pollution Reports. 2015. Vol. 1. P. 35–46.
14. Елпатьевский П.В. Геохимия миграционных потоков в природных и техногенных системах. М.: Наука, 1993. 73 с.
15. Chalmers A. Geochemical processes affecting the solubility of selenium and arsenic in ground water, Tulae Basin // Amer. Soil. Sci. 1997. № 4. P. 377.
16. Абдрашитова С.А., Луганов В.А., Турко Я.А., Сажин Е.Н., Абдуллина Г.Г. Влияние микроорганизмов на растворение мышьяка из арсенатов и полисульфидов при складировании их в почве // Биотехнология. Теория и практика. 2006. № 2. С. 61–65.
17. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Издательство АН СССР, 1957. 238 с.
18. Письмо Минприроды РФ № 04–25, Роскомзема № 61–5678 от 27.12.93 «О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» [Электронный ресурс] // <http://referent.ru/1/6352>.
19. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. М.: Наука, 1985. 263 с.

20. Водяницкий Ю.Н. Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах // Почвоведение. 2012. № 3. С. 368–375.

21. Codling E.E. Effect of Flooding Lead Arsenate-Contaminated Orchard Soil on Growth and Arsenic and Lead Accumulation in Rice // Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2009. Vol. 40. P. 2800–2815.

22. Чертко Н.К. Геохимия: учебное пособие для студентов геологических спец. вузов. Минск: Издательство «Тетра системс», 2007. 254 с.

23. Капитальчук М.В., Капитальчук И.П., Голубкина Н.А. Аккумуляция и миграция селена в компонентах биогеохимической цепи «Почва – Растение – Человек» в условиях Молдавии // Поволжский экологический журнал. 2011. № 3. С. 323–335.

24. Saha U., Fayiga A., Sonon L. Selenium in the Soil-Plant Environment: A Review // International Journal of Applied Agricultural Sciences. 2017. Vol. 3, № 1. P. 1–18.

25. Park M., Chon H.T., Marton L. Mobility and accumulation of selenium and its relationship with other heavy metals in the system rocks/soils-crops in areas covered by black shale in Korea // J. Geochem. Explor. 2010. Vol. 107 (2). P. 161–168.

26. Прохорова Н.В. К оценке фоновой геохимической структуры ландшафтов лесостепного и степного Поволжья // Известия Самарского научного центра РАН. 2005. № 1, Т. 7. С. 169–178.

27. Прохорова Н.В. Металлы и металлоиды в лесостепных и степных ландшафтах Самарской области // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15, № 3 (7). С. 2328–2332.

28. Вихрева В.А., Лебедева Т.Б. Содержание селена в почвах и растения лесостепи среднего Поволжья // Молодой ученый. 2010. № 11, Т. 2. С. 195–198.

29. Ежегодник. Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения в 2014 году. Обнинск: ФГБУ «НПО Тайфун», 2015. 105 с.

30. Кафедра ЮНЕСКО «Экологически безопасное развитие крупного региона – бассейна Волги». Проект «Донные отложения рек и водохранилищ» [Электронный ресурс] // [http://nngasu.ru/str/ieup/unesco/natural\\_sciences/donn\\_otl.php](http://nngasu.ru/str/ieup/unesco/natural_sciences/donn_otl.php).

31. ГОСТ 28168-89. Межгосударственный стандарт. Почвы. Отбор проб. Издание официальное. Введ. 01.04.1990. М.: Стандарт информ, 2008. 7 с.

32. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа назагрязненность. Введ. 18.03.1981. М.: Издательство стандартов, 1984. 5 с.

33. ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. М.: Центр исследования и контроля воды, 2005. 28 с.

## ARSENIC AND SELENIUM IN SHORE SOILS AND BOTTOM SEDIMENTS OF SAMARA CITY PONDS

© 2019

**Prokhorova Natalya Vladimirovna**, doctor of biological sciences, professor of Ecology, Botany and Nature Protection Department

**Makarova Yuliya Vladimirovna**, candidate of biological sciences, associate professor of Ecology, Botany and Nature Protection Department

**Bugrov Sergey Vyacheslavovich**, postgraduate student of Ecology, Botany and Nature Protection Department

**Gerashimov Yuriy Leonidovich**, candidate of biological sciences, associate professor, head of Zoology, Genetics and General Ecology Department

**Platonov Igor Artemyevich**, doctor of technical sciences, professor, head of Chemistry Department

**Goryunov Maksim Glebovich**, engineer of Chemistry Department

*Samara National Research University (Samara, Russian Federation)*

*Abstract.* Arsenic and selenium are included in the group of chemical elements of the first hazard class, which confirms the need to analyze their content in natural environments of natural and man-made ecosystems during ecological and biogeochemical monitoring. By their chemical properties, arsenic and selenium are metalloids or semi-metals. In very low concentrations, they are necessary for the normal functioning of the organisms, but with increasing concentrations in the habitat or food they show high toxicity. Particularly dangerous is the accumulation of arsenic and selenium in accumulative environments and landscapes, which include soils and confined water bodies. For the urban ecosystems of the Samara Region, earlier monitoring of the content of arsenic and selenium in the components of their accumulative landscapes was not carried out, which confirms the relevance and practical significance of the presented materials. The authors carried out ecological and geochemical studies of the accumulation of arsenic and selenium in coastal soils and bottom sediments of twenty ponds located in the Samara city within the coastal slope of the Saratov reservoir (Volga slope) and on the watershed between the Saratov reservoir and the Samara River. The results analysis showed a relatively low level of arsenic accumulation in the analyzed substrates of the studied ponds. Compared with the level of regional background for the Middle Volga, the studied accumulative aqual landscapes are noticeably enriched in selenium (2–15 times). The technogenic influx of arsenic and selenium into the accumulative landscapes of the Samara city may be associated with the activities of metalworking and machine-building enterprises, as well as thermal power plants. The materials presented in the paper concerning the content of arsenic and selenium in coastal soils and bottom sediments of urban ponds in the Samara city can be considered as pioneering for the region and subsequently used in the ecological and geochemical monitoring of regional urban ecosystems.

*Keywords:* ponds; coastal soils; bottom sediments; urban ecosystems; arsenic; selenium; heavy metals; metalloids; ecological and geochemical monitoring; hazard class; regional background concentration; toxicity of chemical elements; isoline mapping; Samara city; Samara Region.