

* * *

УДК 631.4:551.8

DOI 10.17816/snv202104

Статья поступила в редакцию 18.03.2020

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЕТАЛЛОИДОВ В ПОЧВАХ КРУПНЫХ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН ГОРОДОВ САМАРА И СЫЗРАНЬ

© 2020

Бугров Сергей Вячеславович, аспирант кафедры экологии, ботаники и охраны природы**Макарова Юлия Владимировна**, кандидат биологических наук,

доцент кафедры экологии, ботаники и охраны природы

Прохорова Наталья Владимировна, доктор биологических наук,

профессор кафедры экологии, ботаники и охраны природы

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

Аннотация. В статье рассматриваются результаты эколого-геохимических исследований почв в Сокольих горах, примыкающих к городу Самаре, и на особо охраняемой природной территории (ООПТ) «Урочище Монастырская гора», расположенной в границах города Сызрани Самарской области. Интерес к данным территориям определяется их активным использованием для целей городской рекреации. Исследуемая часть Сокольих гор (северо-восточные, восточные и юго-восточные окрестности горы Кузнецова) представляет собой естественный лесной массив, ООПТ «Урочище Монастырская гора» является искусственно созданным лесным насаждением. Сравнимые территории различаются по своему происхождению, типологическим характеристикам почв, их гранулометрическому составу и содержанию гумуса, а также по степени рекреационной нагрузки. Установлено, что в верхнем слое почв окрестностей горы Кузнецова тяжелые металлы и металлоиды накапливаются более активно (в 2,0–5,5 раз), чем в песчаных и супесчаных почвах ООПТ «Урочище Монастырская гора», для которых характерна более значимая геохимическая неоднородность. На обеих территориях средние концентрации химических элементов не превышают региональные кларки и предельно допустимые концентрации. Анализ геохимических индексов изучаемых почв выявил в них преобладание процессов рассеяния тяжелых металлов и металлоидов над процессами концентрирования. По величине кларков концентрации и рассеяния для обеих рекреационных территорий была выявлена ассоциация накапливающихся элементов, включающая только Se и Cd, а в ассоциацию рассеивающихся элементов вошли Sr, Rb, Cr, V, As, Pb, Ni, Co, Cu, Zn, Mn. В почвах ООПТ «Урочище Монастырская гора» более выражены процессы рассеивания, а в почвах окрестностей горы Кузнецова – процессы накопления. В целом для северо-восточных, восточных и юго-восточных окрестностей горы Кузнецова и ООПТ «Урочище Монастырская гора» характерен относительно низкий уровень загрязнения тяжелыми металлами и металлоидами, что позволяет считать эти территории экологически устойчивыми, но требующими разработки научно-обоснованного режима рекреационного использования.

Ключевые слова: тяжелые металлы; металлоиды; элементный ряд; фоновые концентрации; кларк химического элемента; кларк концентрации; кларк рассеяния; геохимический индекс почвы; серые лесные почвы; черноземы оподзоленные; черноземы выщелоченные; рекреация; рекреационная зона; Соколы горы; окрестности горы Кузнецова; ООПТ «Урочище Монастырская гора»; город Самара; город Сызрань; Самарская область.

Введение

Самарская область относится к наиболее развитым промышленным и сельскохозяйственным регионам Российской Федерации. В городах, формирующих Самарский промышленный узел, расположены крупные предприятия аэрокосмического комплекса, машиностроения, металлообработки, нефтепереработки, химической, строительной и пищевой индустрии. На территории области создана разветвленная сеть железнодорожного, автомобильного, трубопроводного, воздушного и водного транспорта. Степень урбанизированности Самарской области очень высокая, около 80% ее населения проживает в городах [1, с. 111–125; 2, с. 7–9].

Административным центром Самарской области является г. Самара, основанный в 1586 г. и образующий г.о. Самару с населением 1156 тыс. чел. Среди городов-миллионников он занимает восьмое место, являясь одним из крупнейших промышленных цен-

тров Поволжского региона и признанным центром деловой активности. Город расположен на левом берегу Саратовского водохранилища между устьями рек Самара и Сок и занимает площадь 541,94 км² [2, с. 149]. Город Сызрань основан в 1683 г. Он располагается на правом берегу Саратовского водохранилища в устье р. Сызранки. Численность его населения составляет 167 тыс. чел., а занимаемая им площадь – 136,2 км². В настоящее время это административный, промышленный и железнодорожный центр г.о. Сызрань и Сызранского муниципального района. Он третий городской округ Самарской области по площади, численности населения, социально-экономическому потенциалу и промышленному производству [2, с. 158].

Сравнительный анализ показывает, что эти города различаются по своему географическому положению, времени возникновения, природным условиям, занимаемой площади, численности населения, но их

объединяет характер промышленного потенциала и, как следствие этого, общность экологических проблем, одной из которых является проблема формирования качества жизни городского населения [3, с. 17]. Качество жизни людей – междисциплинарное и многогранное понятие. В экологическом аспекте понимания качества жизни наиболее важным считается наличие экологически благополучной окружающей среды [4, с. 22].

В урбанизированных ландшафтах одним из главных показателей экологической сбалансированности техногенеза и природной составляющей являются зеленые насаждения, играющие важнейшую роль в формировании благоприятных условий жизни городского населения [5, с. 141, 155; 6, с. 238]. Сады, парки, городские леса, пляжи, ООПТ и прочие объекты, представляющие собой участки естественной природной среды, включаются в рекреационные зоны города. Их социально-экологические функции в городах разнообразны: они формируют и поддерживают благоприятный микроклимат, очищают воздух от пыли и вредных газов, делают более выразительным архитектурный облик города, создают наиболее здоровые зоны рекреации [5, с. 204; 7].

Основная цель формирования и поддержания экологического равновесия рекреационных территорий – массовый отдых горожан, восстановление их физических и моральных сил [8, с. 192–193]. Однако частое посещение городскими жителями мест отдыха приводит к увеличению антропогенной нагрузки на эти территории, которая может быть как умеренной, так и катастрофической, вызывающей деградацию экосистем. Дополнительную нагрузку создают работы, направленные на благоустройство территории, такие как создание инфраструктуры и возведение санитарно-курортных комплексов [9, с. 654–655].

Одним из последствий усиления антропогенной нагрузки на зоны рекреации в городах является загрязнение компонентов природной среды тяжелыми металлами, которые в высоких концентрациях могут быть токсичными для живых организмов, включая человека. Этим объясняется интерес к изучению полиметаллического загрязнения рекреационных территорий крупных промышленных городов.

Целью настоящего исследования является изучение особенностей накопления тяжелых металлов и металлоидов в почвенном покрове крупных рекреационных зон городов Самара (участок Сокольных гор) и Сызрань (ООПТ «Урочище Монастырская гора»).

Объекты и методы исследования

В качестве обследуемых территорий были выбраны рекреационные зоны городов Самара и Сызрань, представляющие собой пригородные леса, расположенные в шаговой доступности от жилых районов этих городов. Так как основным депо техногенных поступлений тяжелых металлов и металлоидов от промышленных объектов и транспорта является почвенный покров [10, с. 68], объектами исследований выступали почвы данных территорий.

Для пригорода Самары эколого-геохимическое исследование почв проводилось в Волжском муниципальном районе, в северо-восточных, восточных и юго-восточных окрестностях горы Кузнецова, на участке между городским поселением Новосемейкино, Московским шоссе, Красноглинским шоссе и ас-

фальтированным отрезком дороги между пос. Управленческим и бывшим пос. Горным. Эта территория входит в состав возвышенного массива Соколы горы, расположенного к северу от г. Самары и примыкающего к городской черте в Красноглинском внутригородском районе. Максимальная высота горы Кузнецова составляет 236 м. Почвенный покров территории представлен темно-серыми лесными почвами, образовавшимися на элювиальных и коллювиальных отложениях пермских коренных пород (известняки, доломиты и др.) преимущественно тяжело-суглинистого механического состава [11; 12]. Доминирующими лесными сообществами здесь являются чистые липняки, липо-кленовники и осинники.

ООПТ «Урочище Монастырская гора» – крупный рекреационный объект, расположенный на правом берегу р. Сызранки, в юго-западной части г. Сызрань, рядом с одним из наиболее густонаселенных его районов. По рельефу – это возвышенность с перепадами высот от 82 до 35 м. Основной фон почв территории представлен оподзоленными и выщелоченными черноземами, сформировавшимися на отложениях (глины, пески, алевролиты, конгломераты фосфоритовые и др.) верхнего отдела юрской и нижнего отдела меловой систем [11; 12]. Растительный покров представлен старовозрастными посадками, в которых среди древесных растений доминируют сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) и, местами, береза повислая (*Betula pendula* Roth). Древостой отдельных участков формируют тополь черный (*Populus nigra* L.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), клен американский (*Acer negundo* L.) [13, с. 360].

Отбор почвенных проб на пробных площадках рекреационных зон проводили осенью 2019 г. из верхнего гумусового горизонта (0–15 см) согласно государственному стандарту [14, с. 3–4]. Подготовку проб к анализу (экстрагент 5 М HNO_3) и определение в них валового содержания тяжелых металлов и металлоидов (V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Cd, Pb) посредством оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой осуществляли по методике [15] на базе лабораторий Самарского университета.

Результаты исследования и их обсуждение

Одна из важнейших особенностей почвенного покрова заключается в ярко выраженной неоднородности его химического состава. В современных условиях на генезис и эволюцию почв влияет множество различных природных и техногенных факторов, существенно различающихся на конкретных участках суши Земного шара. Это определяет геохимические различия почв не только отдельных континентов, природных зон, но и близко расположенных территорий, например, города и примыкающей к нему зеленой зоны. В связи с этим для оценки эколого-геохимических особенностей определенных территорий и установления уровня антропогенной нагрузки рассматривают не только абсолютные значения концентраций химических элементов в их почвах, но и их фоновые концентрации для данной местности, используемые в качестве эталона сравнения [10, с. 145].

Фоновое валовое содержание тяжелых металлов и металлоидов в почвенном покрове Самарской области и в наиболее распространенных на ее территории типах и подтипах почв было установлено ранее Н.В. Прохоровой ядерно-физическим методом по характеристическому рентгеновскому излучению [16, с. 12]. Поскольку других, более сравнимых данных нет, в настоящем исследовании использованы фоновые показатели, указанные Н.В. Прохоровой для серых лесных почв и черноземов [16, с. 12], с некоторыми дополнениями [17, с. 14].

В табл. 1 представлены результаты статистической обработки данных полиэлементного анализа, полученных при изучении почв рекреационных зон городов Самара и Сызрань, а также региональные фоновые значения валового содержания анализируемых химических элементов. Следует отметить, что на территории ООПТ «Урочище Монастырская гора» в почвах двух пробных площадок были зафиксированы экстремально высокие концентрации Pb, которые в представляемых статистических расчетах не учитывались.

Анализ данных (табл. 1) позволяет заключить, что химический состав почвенного покрова рекреационных зон существенно различается. Прежде всего, это выражается в разнице средних концентраций химических элементов, которые выше примерно в 2,0–5,5 раз в почвах северо-восточных, восточных и юго-восточных окрестностей горы Кузнецова, чем в почвах ООПТ «Урочище Монастырская гора». Эти различия определяются особенностями изучаемых почв, в частности их гранулометрическим составом и содержанием гумуса, оказывающими существенное влияние на способность почвенного покрова аккумулировать и удерживать химические элементы. Для рекреационной зоны в городе Сызрани свойственны легкие, песчаные и супесчаные почвы с относительно низким содержанием гумуса. Почвы окрестностей горы Кузнецова характеризуются более тяжелым гранулометрическим составом и большей гумусированностью. Они представлены суглинками и глинами, которые имеют высокие показатели емкости катионного обмена и активнее удерживают тяжелые металлы и металлоиды. Существенную роль играет разница антропогенного воздействия от промышленных предприятий, автотранспорта и рекреационной нагрузки, которые выше в зоне влияния г. Самары.

ционных зон существенно различается. Прежде всего, это выражается в разнице средних концентраций химических элементов, которые выше примерно в 2,0–5,5 раз в почвах северо-восточных, восточных и юго-восточных окрестностей горы Кузнецова, чем в почвах ООПТ «Урочище Монастырская гора». Эти различия определяются особенностями изучаемых почв, в частности их гранулометрическим составом и содержанием гумуса, оказывающими существенное влияние на способность почвенного покрова аккумулировать и удерживать химические элементы. Для рекреационной зоны в городе Сызрани свойственны легкие, песчаные и супесчаные почвы с относительно низким содержанием гумуса. Почвы окрестностей горы Кузнецова характеризуются более тяжелым гранулометрическим составом и большей гумусированностью. Они представлены суглинками и глинами, которые имеют высокие показатели емкости катионного обмена и активнее удерживают тяжелые металлы и металлоиды. Существенную роль играет разница антропогенного воздействия от промышленных предприятий, автотранспорта и рекреационной нагрузки, которые выше в зоне влияния г. Самары.

Таблица 1 – Статистические показатели валового содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвенном покрове окрестностей горы Кузнецова (Соколы горы) и ООПТ «Урочище Монастырская гора», мг/кг

| Элемент | <i>n</i> | $\bar{x} \pm \sigma$ | V, % | Медиана | lim | Региональный фон |
|----------------------------|----------|----------------------|-------|---------|----------------|------------------|
| Окрестности горы Кузнецова | | | | | | |
| Mn | 26 | 617,03 ± 181,69 | 29,4 | 587,5 | 182,35 – 912,5 | 750,52 |
| Cr | 26 | 19,67 ± 6,85 | 34,8 | 19,75 | 7,9 – 35,13 | 131,21 |
| V | 26 | 31,07 ± 7,81 | 25,1 | 31,84 | 14,77 – 46,78 | 75,62 |
| Co | 26 | 8,67 ± 1,47 | 17,0 | 8,87 | 4,92 – 10,73 | 17,83 |
| Ni | 26 | 26,74 ± 6,69 | 25,0 | 28,02 | 7,07 – 36,82 | 32,07 |
| Cu | 26 | 17,66 ± 4,68 | 26,5 | 16,49 | 10,02 – 34,67 | 62,95 |
| Zn | 26 | 51,34 ± 10,14 | 19,7 | 48,55 | 35,73 – 71,75 | 77,93 |
| As | 26 | 2,56 ± 1,82 | 71,4 | 2,15 | 0,34 – 9,46 | 9,26 |
| Pb | 26 | 8,75 ± 1,63 | 18,6 | 8,74 | 4,72 – 12,55 | 12,55 |
| Cd | 26 | 0,32 ± 0,10 | 30,7 | 0,315 | 0,105 – 0,315 | 0,39 |
| Se | 26 | 0,87 ± 0,35 | 40,6 | 0,88 | 0,22 – 1,87 | 2,63 |
| Sr | 26 | 32,29 ± 17,51 | 54,2 | 27,47 | 14,22 – 103,4 | 145,82 |
| Rb | 26 | 13,23 ± 6,01 | 45,4 | 12,08 | 1,86 – 22,98 | 73,86 |
| Урочище Монастырская гора | | | | | | |
| Mn | 20 | 276,44 ± 155,87 | 56,4 | 249,80 | 67,55 – 509,50 | 673,96 |
| Cr | 20 | 5,52 ± 3,19 | 57,8 | 5,16 | 2,01 – 15,85 | 99,18 |
| V | 20 | 9,49 ± 5,02 | 52,9 | 8,50 | 3,90 – 25,34 | 73,77 |
| Co | 20 | 2,39 ± 1,19 | 49,7 | 2,41 | 0,91 – 5,84 | 14,34 |
| Ni | 20 | 4,93 ± 3,59 | 72,6 | 5,02 | 0,32 – 15,19 | 29,29 |
| Cu | 20 | 7,08 ± 7,69 | 108,6 | 6,15 | 0,96 – 38,10 | 34,46 |
| Zn | 20 | 26,48 ± 15,39 | 58,1 | 25,15 | 4,62 – 63,7 | 67,73 |
| As | 20 | 0,98 ± 0,79 | 80,2 | 0,86 | 0,17 – 2,94 | 7,09 |
| Pb | 20 | 4,86 ± 2,83 | 58,3 | 4,76 | 0,76 – 12,00 | 10,69 |
| Cd | 20 | 0,14 ± 0,06 | 46,7 | 0,15 | 0,04 – 0,26 | 0,7 |
| Se | 20 | 0,22 ± 0,18 | 82,5 | 0,24 | 0 – 0,54 | 12,81 |
| Sr | 20 | 13,65 ± 6,76 | 49,5 | 13,72 | 2,40 – 28,97 | 167,77 |
| Rb | 20 | 4,17 ± 2,94 | 70,5 | 3,67 | 1,14 – 14,31 | 85,26 |

Второе выявленное отличие связано с неоднородностью накопления элементов в верхнем гумусовом горизонте изучаемых почв. Коэффициент вариации отражает изменчивость значений полученных данных и позволяет судить о геохимической гетерогенности территорий. Для участка Соколых гор коэффициент вариации в целом достаточно мал (среднее значение 33,7%), что говорит об относительной однородности химического состава почв этой территории. Напротив, для почв «Урочища Монастырская гора» в г. Сызрани коэффициент вариации показателей содержания металлов и металлоидов существенно выше и в среднем составляет 64,9%. Возможно, более высокая изменчивость в накоплении элементов почвами урочища свидетельствует о повышенной антропогенной нагрузке, которая выражается в высокой пространственной динамике содержания анализируемых элементов и появлении локальных участков сильного загрязнения отдельными элементами. Так, в почвах двух пробных площадей на этой рекреационной территории было обнаружено экстремально высокое содержание Pb (417,59 и 138,69 мг/кг), в то время как в почвах остальных 18 пробных площадей содержание этого химического элемента не превышало 12 мг/кг и соответствовало региональному фону. Причиной столь значимого загрязнения почв Pb может быть влияние строительных работ с активным использованием транспорта, осуществляемых в непосредственной близости от этих двух участков.

Уровень содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвенном покрове изучаемых рекреационных зон отражают следующие элементные ряды, построенные по убыванию средних валовых концентраций элементов. Окрестности горы Кузнецова: Mn > Zn > Sr > V > Ni > Cr > Cu > Rb > Pb > Co > As > Se > Cd. ООПТ «Урочище Монастырская гора»: Mn > Zn > Sr > V > Cu > Cr > Ni > Pb > Rb > Co > As > Se > Cd. Несмотря на отличия в количественном содержании химических элементов и вариативности их накопления, для рекреационных зон в большей степени характерна аккумуляция Mn, Zn, Sr и V, в меньшей – Ni, Cr, Cu, Rb и Pb. В минимальных количествах в изучаемых почвах накапливаются Co, As, Se и Cd. Региональные фоновые содержания элементов в почвах не превышены (табл. 1).

Удобным и наглядным способом представления геохимических особенностей изучаемых территорий является составление геохимического индекса почв. Суть метода состоит в том, что для каждого элемента определяется его коэффициент концентрации относительно регионального фонового значения. Затем каждый из элементов, в зависимости от величины коэффициента концентрации, относится к группе накапливающихся (записываются в числителе дроби), рассеивающихся (записываются в знаменателе дроби) или близких к фоновому значению (записываются перед дробью). В Самарской области дифференциация почвенного покрова по большинству изученных элементов выражена незначительно, поэтому к накапливающимся элементам можно отнести металлы и металлоиды с коэффициентом концентрации больше 1,1; к рассеивающимся – с коэффициентом меньше 0,9; к близким к фоновым значениям – с коэффициентом от 0,9 до 1,1 [18, с. 261].

Геохимические индексы почв рекреационных зон имеют следующий вид.

Окрестности горы Кузнецова:

$$\frac{Cd_{(0,84)} \cdot Ni_{(0,83)} \cdot Mn_{(0,82)} \cdot Pb_{(0,69)} \cdot Zn_{(0,65)} \cdot Co_{(0,48)} \cdot V_{(0,41)}}{Se_{(0,33)} \cdot Cu_{(0,28)} \cdot As_{(0,27)} \cdot Sr_{(0,22)} \cdot Rb_{(0,17)} \cdot Cr_{(0,14)}}$$

ООПТ «Урочище Монастырская гора»:

$$\frac{Pb_{(0,45)} \cdot Mn_{(0,41)} \cdot Zn_{(0,39)} \cdot Cu_{(0,20)} \cdot Cd_{(0,20)} \cdot Ni_{(0,16)} \cdot Co_{(0,16)}}{As_{(0,13)} \cdot V_{(0,12)} \cdot Sr_{(0,08)} \cdot Cr_{(0,05)} \cdot Rb_{(0,04)} \cdot Se_{(0,01)}}$$

Очевидно, что все анализируемые тяжелые металлы и металлоиды в Соколых горах и в «Урочище Монастырская гора» относятся к группе рассеивающихся химических элементов, то есть их средние концентрации в почве рекреационных зон городов Самара и Сызрань не достигают фоновых значений. При этом в почвенном покрове окрестностей горы Кузнецова все же можно выделить ряд элементов (Cd, Ni, Mn, Pb, Zn), концентрации которых близки к их фоновым значениям. В почвенном покрове ООПТ «Урочище Монастырская гора» содержание металлов и металлоидов в 2–100 раз ниже фоновых значений. Вполне вероятно, что это может привести к развитию элементозов у представителей местной флоры и фауны, обусловленных нехваткой микро- и ультрамикроэлементов.

Почвы формируются на материнских породах, являющихся частью земной коры. Поэтому сравнение концентраций химических элементов в почвах с их кларками в верхней части континентальной земной коры может дать ценную информацию о накоплении или рассеянии элементов в почвенном покрове конкретной территории. Для того, чтобы установить ассоциации накапливающихся и рассеивающихся металлов и металлоидов в почвенном покрове изучаемых рекреационных зон, были рассчитаны кларки концентрации (Кк) и кларки рассеяния (Кр). Кк рассчитывают как отношение концентрации элемента в почве к кларку в земной коре в случае, если содержание элемента выше кларка. Кр – величина обратная кларку концентрации и вычисляемая для элементов, содержание которых в почве ниже их кларка в земной коре. Таким образом, чем больше значение Кк или Кр, тем сильнее выражены процессы аккумуляции или рассеяния элемента [19; 20, с. 33–36; 21]. Кларки элементов для земной коры были выбраны в соответствии с рекомендациями Н.С. Касимова и Д.В. Власова [22, с. 11].

Результаты расчетов показывают, что ассоциации накапливающихся элементов в почвенном покрове участка Соколых гор представлена: Se_(5,80) – Cd_(3,64); ассоциация рассеивающихся элементов: Mn_(1,25) – Zn_(1,46) – Cu_(1,52) – Co_(1,72) – Ni_(1,86) – Pb_(1,94) – As_(2,18) – V_(3,41) – Cr_(4,67) – Rb_(7,62) – Sr_(8,36). В почвенном покрове ООПТ накапливаются такие же элементы (Cd_(1,59) – Se_(1,46)), но степень их накопления существенно ниже. К рассеивающимся относятся элементы: Mn_(2,78) – Zn_(2,83) – Pb_(3,49) – Cu_(3,81) – As_(5,69) – Co_(6,26) – Ni_(10,12) – V_(11,16) – Cr_(16,65) – Sr_(19,78) – Rb_(24,18). Анализ состава представленных групп и величин Кк и Кр дает несколько иную картину, чем при сопоставлении полу-

ченных фактических значений с региональными фоновыми концентрациями. В почвенном покрове рекреационных территорий городов Самара и Сызрань обнаруживаются элементы (Se, Cd) содержание которых выше, чем в верхней части континентальной земной коры. Для остальных тяжелых металлов и металлоидов преобладают процессы рассеяния, проявляющиеся сильнее в почвах ООПТ «Урочище Монастырская гора» в г. Сызрани, чем в почвах окрестностей горы Кузнецова вблизи г. Самары.

Заключение

Эколого-геохимические исследования, проведенные в Соколых горах и на ООПТ «Урочище Монастырская гора» в Самарской области, показали, что эти рекреационные территории различаются по происхождению, типологическим характеристикам почв, характеру их гранулометрического состава и содержанию гумуса. Эти различия во многом определяют их геохимические особенности в плане накопления тяжелых металлов и металлоидов. Почвенный покров рекреационной зоны г. Самары представлен более гумусированными, преимущественно тяжелосуглинистыми темно-серыми лесными почвами. Поэтому тяжелые металлы и металлоиды в нем накапливаются более активно, чем в песчаных и супесчаных выщелоченных и оподзоленных черноземах рекреационной зоны г. Сызрани. В почвах ООПТ «Урочище Монастырская гора» наблюдается высокая неоднородность накопления химических элементов, что, возможно, объясняется повышенной антропогенной нагрузкой, приводящей к появлению локальных участков загрязнения.

Геохимические индексы изучаемых почв показывают, что на территории рекреационных зон городов Самара и Сызрань преобладают процессы рассеяния тяжелых металлов и металлоидов, а их средние концентрации существенно уступают региональным фоновым показателям. По величине кларков концентрации и рассеяния, рассчитанным относительно кларков земной коры, в ассоциацию накапливающихся элементов в почвах Соколых гор и «Урочища Монастырская гора» входят Se и Cd, а в ассоциацию рассеивающихся элементов – Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Pb, As, V, Cr, Rb и Sr. Процессы рассеивания в большей степени выражены для ООПТ «Урочище Монастырская гора», а процессы накопления – для Соколых гор.

Проведенные исследования в целом позволяют говорить об относительно низком содержании тяжелых металлов и металлоидов в почвах крупных рекреационных зон городов Самара и Сызрань. Это повышает социально-экологическую ценность данных территорий и свидетельствует о сохранении их почвенным покровом способности к самоочищению от избытка техногенных поллютантов.

Список литературы:

1. Калимулин А.М. Экологическая история промышленного города во второй половине XX века. Казань: Казанский университет, 2011. 364 с.
2. Доклад об экологическом состоянии в Самарской области за 2018 год. Вып. 28. Самара, 2018. 222 с.
3. Чепурных Н.В., Новосёлов А.Л., Глубокий А.И. Охрана окружающей среды в Самарской области: программный аспект. М.: Наука, 1997. 203 с.
4. Ковынёва О.А., Герасимов Б.И. Управление качеством жизни. Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2006. 89 с.

5. Горохов В.А. Зеленая природа города. М.: Архитектура-С, 2005. 592 с.
6. Экология города: учебник / под ред. Ф.В. Стольберга. К.: Либра, 2000. 464 с.
7. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040.
8. Грунцевский Ю.В., Саввич Н.Е. Экологическое право: учеб. пособие. М.: АО «Центр ЮрИнфоР», 2001. 301 с.
9. Экология / В.В. Денисов [и др.]; под ред. В.В. Денисова. Ростов-на-Дону, М.: МарТ, 2004. 672 с.
10. Алексеенко В.А., Алексеенко А.В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2013. 380 с.
11. Приволжский федеральный округ. Самарская область. Геологическая карта. Масштаб 1:1000000. [Электронный ресурс] // Актуализированные ГИС-пакеты оперативной геологической информации (ГИС-Атлас «Недра России»). – <http://atlaspacket.vsegei.ru/#c8f519a47cfb03fa10>.
12. Почвенная карта Куйбышевской области: 1985 г. Масштаб 1:300000 / отв. ред. М.Г. Холина; сост. и подгот. к печати НРКП ПКО «Картография» в 1988 г.; ред. Е.Л. Нефёдов. М.: ГУГК, 1988.
13. Особо охраняемые природные территории регионального значения Самарской области / сост. А.С. Паженков. Самара: ООО «Лаборатория Экотон», 2018. 377 с.
14. ГОСТ 17.4.4.02–2017 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Стандартинформ, 2018. 10 с.
15. 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.
16. Прохорова Н.В. Экологические принципы биогеохимического анализа ландшафтов лесостепного и степного Поволжья: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Тольятти, 2005. 36 с.
17. Ежегодник. Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения в 2017 году. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», 2018. 96 с.
18. Прохорова Н.В. Ландшафтный подход в региональных эколого-геохимических исследованиях // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2004. Т. 6, № 2. С. 259–265.
19. Hu Z., Gao S. Upper crustal abundances of trace elements: a revision and update // Chemical Geology. 2008. Vol. 253, is. 3–4. P. 205–221.
20. Григорьев Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 382 с.
21. Rudnick R.L., Gao S. Composition of the continental crust // Treatise on Geochemistry. 2003. Vol. 3. P. 1–64.
22. Касимов Н.С., Власов Д.В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Сер. 5: География. 2015. № 2. С. 7–17.

**FEATURES OF HEAVY METALS AND METALLOIDS ACCUMULATION IN SOILS
OF SAMARA AND SYZRAN LARGE RECREATIONAL ZONES**

© 2020

Bugrov Sergey Vyacheslavovich, postgraduate student of Ecology, Botany and Nature Protection Department**Makarova Yulia Vladimirovna**, candidate of biological sciences,
associate professor of Ecology, Botany and Nature Protection Department**Prokhorova Nataliya Vladimirovna**, doctor of biological sciences,
professor of Ecology, Botany and Nature Protection Department*Samara National Research University (Samara, Russian Federation)*

Abstract. The paper discusses the results of ecological and geochemical studies of soils in the Sokolii Mountains located near Samara and in a specially protected natural area Monastyrskaya Mountain located within the borders of Syzran, Samara Region. These territories are of great interest in connection with their active use for urban recreation. The studied parts of the Sokolii Mountains (northeastern, eastern and southeastern surroundings of the Kuznetsov Mountain) are natural forests, the protected area Monastyrskaya Mountain is an artificially created forest stand. The territories under comparison differ in their origin, typological characteristics of soils, including their granulometric composition and humus content, as well as in the degree of recreational pressure. It has been established that heavy metals and metalloids accumulate more actively (2,0–5,5 times) in the soils of the upper layer in the vicinity of the Kuznetsov Mountain than in the sandy and loamy soils of the Monastyrskaya Mountain, which are characterized by a more significant geochemical heterogeneity. In both territories, the average concentrations of chemical elements do not exceed regional clarks and maximum permissible concentrations. An analysis of the geochemical indices of the studied soils revealed the predominance of the scattering of heavy metals and metalloids over the concentration processes in them. According to the magnitude of concentration clarks and scattering for both recreational territories, an association of accumulating elements was revealed; it included only Se and Cd while the association of scattering elements included Sr, Rb, Cr, V, As, Pb, Ni, Co, Cu, Zn, Mn. In the soils of the Monastyrskaya Mountain dispersal processes are more presented while in the soils of the Kuznetsov Mountain surroundings accumulation processes are more presented. In general, the northeastern, eastern and southeastern environments of the Kuznetsov Mountain and the Monastyrskaya Mountain are characterized by a relatively low level of heavy metals and metalloids pollution, which makes it possible to consider these territories as environmentally sustainable, but requiring the development of a scientifically-based mode of recreational use.

Keywords: heavy metals; metalloids; row of chemical elements; background concentrations; clark of chemical element; concentration clark; scattering clark; soil geochemical index; gray forest soils; podzolized chernozems; leached chernozems; recreation; recreation area; Sokolii Mountains; surroundings of the Kuznetsov Mountain; Monastyrskaya Mountain; Samara; Syzran; Samara Region.