

Согласно данным, представленным на рис. 6, при введении в рацион крыс снижается содержание хрома – на 45% ($p \leq 0,05$). Однако содержание таких тяжелых металлов, как кадмий, железо, марганец, свинец увеличивается по сравнению с контролем на 25.5, 35.4, 23, 41% соответственно. Не отмечено достоверных изменений содержания меди, никеля, цинка в печени крыс при введении повышенных количеств селена в пищу. В связи с этим можно сделать вывод, что взаимодействие селена с тяжелыми металлами в органах и тканях животных зависит от ряда факторов (в т.ч. дозы, формы поступления микроэлемента) и не всегда характеризуется антагонизмом.

Таким образом, исследования показывают, что селен, как и ряд других микроэлементов, имеет узкую грань между токсичностью и необходимостью [9]. В ряде литературных источников указано, что при содержании селена в рационе более 2 мг/кг у животных возникают острые и хронические формы отравлений. Наши исследования показали, что и меньшая доза (1 мг/кг) способна вызывать патологические изменения у животных. Селен, поступивший в виде селенита натрия в дозе 1 мг/кг, способствует изменению биохимических показателей, характеризующих функцию печени, а также элементного состава органа.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и МОКНСМ в рамках научного проекта № №20-55-44028.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миних В.Б. Базовые аспекты метаболизма селена и биосинтеза селенопротеинов в организме человека // Успехи биологической химии. 2022. – Т. 62. – С. 369-390
2. Schiavon M., Nardi S., Francesca dalla Vecchia & Andrea Ertani Selenium biofortification in the 21st century: status and challenges for healthy human nutrition // Plant Soil. 2020. – Jul 16. – С. 1-26
3. Голубкина Н. А., Папазян Т.Т. Селен в питании: растения, животные, человек. М.: Изд-во Печатный город; 2006, – 254 с.
4. Hossain A., Skalicky M., Brestic M. et al.. Selenium Biofortification: Roles, Mechanisms, Responses and Prospects // Molecules. 2021. – 26(4). – 881 p.
5. Голубкина Н.А. Экологические аспекты обогащения продуктов питания селеном // Экологические системы и приборы. 2004. – №7. – С. 32-35.
6. Егорова Е.А. и др. Изучение биодоступности различных пищевых форм микроэлемента селена в эксперименте // Вопросы питания. 2006. – Т. 75, №3. – С. 45-49.
7. Синдирева А.В. Критерии и параметры действия микроэлементов в системе «почва – растение – животное»: дис. ... д-ра биол. наук. Омск, 2012. – 455 с.
8. Combs G.F.J. Selenium in nutrition. Encyclopedia of human biology. 1997; 7: –P. 743-754.
9. Sindireva A.V., Zayko O.A., Astashov V.V. Ecological and toxicological evaluation of the impact of selenium contained in feed on morphological and functional changes in the bone tissue of animals. Journal Archiv Euromedica. 2018. – 2. – С.12-14.

УДК 504+57.04+574.4

ТЕХНОГЕННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ Mo и W В УСЛОВИЯХ ГОРНЫХ ЭКОСИСТЕМ

С.Ф. Тютиков, В.В. Ермаков, В.Н. Данилова

ФГБУН Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва

ТООЛОРДУН ЭКОСИСТЕМАСЫНЫН ШАРТЫНДА Mo ЖАНА W БУЛГАНЫШЫНЫН ТЕХНОГЕНДИК КОМПОНЕНТИ

С.Ф. Тютиков, В.В. Ермаков, В.Н. Данилова

РИАнын Вернадский В.И. атындагы ФБИМнин геохимия жана аналитикалык химия институту, Москва

TECHNOGENIC COMPONENT OF POLLUTION OF Mo AND W IN THE CONDITIONS OF MOUNTAIN ECOSYSTEMS

S.F. Tyutikov, V. V. Ermakov, V. N. Danilova

FSBEUS V. I. Vernadsky Institute of geochemistry and analytical chemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow

tyutikov-sergey@rambler.ru

Аннотация. Выявление техногенного загрязнения почвогрунтов молибденом и вольфрамом является актуальной проблемой для горных экосистем районов добычи и переработки руд. Недостатком известных методов является отсутствие возможности установления причины повышения уровней металлов в среде. Предлагаемый метод основан на соотношении активностей пероксидазы и дегидрогеназы. Его применение позволяет устанавливать источник повышенного уровня металлов – природный фон или техногенное воздействие, то есть обнаруживать техногенную составляющую загрязнения среды.

Ключевые слова: молибден, вольфрам, пероксидаза, дегидрогеназа, техногенное загрязнение.

Аннотация. Топурактардын молибден жана вольфрам менен техногендик булганышын аныктоо рудаларды казып алуу жана кайра иштетүү аймактарында тоо экосистемаларынын актуалдуу көйгөйү болуп саналат. Белгилүү методдордун кемчилиги айлана-чөйрөдөгү металлдардын деңгээлинин жогорулашынын себебин аныктоо мүмкүн эместиги болуп саналат. Сунушталган ыкма пероксидаза жана дегидрогеназа активдүүлүгүнүн катышына негизделген. Аны колдонуу металлдардын жогорку деңгээлинин булагын – табигый фонду же техногендик таасирди аныктоого, башкача айтканда, айлана-чөйрөнүн булганышынын техногендик компонентин аныктоого мүмкүндүк берет.

Негизги сөздөр: молибден, вольфрам, пероксидаза, дегидрогеназа, техногендик булгануу.

Summary: Identification of technogenic pollution of soils by molybdenum and tungsten is actual problem for mountain ecosystems of areas of production and processing of ores. The offered method is based on ratio of activities of peroxidase and dehydrogenase. Its application allows to establish source of the increased level of metals - natural background or technogenic influence, that is to find technogenic component of pollution of the environment..

Keywords: molybdenum, tungsten, peroxidase, dehydrogenase, technogenic pollution

АКТУАЛЬНОСТЬ

В предыдущих работах нами подробно освещены вопросы аккумуляирования металлов растениями и активности почвенных ферментов в условиях металлогенических районов Северного Кавказа [1]. В настоящей же работе целесообразно рассмотрение проблем разработки способов диагностики загрязнения почвогрунтов химическими элементами, в частности – молибденом и вольфрамом. Вопрос этот интересен, поскольку позволяет вплотную подойти к методологии предупреждения и прогнозирования опасных и экстремальных явлений природного и техногенного характера.

Недавно нами получен патент РФ на способ диагностики загрязнения почвогрунтов Mo и W в условиях горной степи Кабардино-Балкарской Республики [2]. Изобретение относится к области экологии и биогеохимии и может быть использовано для экологического картирования, выявления неблагоприятных участков исследуемых регионов и дифференцированной оценки наличия природного либо техногенного присутствия Mo-W загрязнения. Способ также может быть использован для экспресс-оценки при постановке экспедиционных работ в новых районах, где проведение детальных биогеохимических исследований затруднительно по времени и трудозатратам.

В предлагаемом техническом решении рассматриваются два химических элемента: Mo и W. Первый является жизненно важным микроэлементом, но проявляет токсические свойства при наличии высоких концентраций. Особенно в случае техногенного загрязнения территории. Для второго биологическая роль на настоящий момент времени выяснена недостаточно. Нашими прежними исследованиями установлено включение W в фермент ксантиноксидаза, наблюдающе-

еся в случае наличия высоких концентраций элемента в среде техногенного происхождения [3]. В экстремальных геохимических условиях существует даже необходимость оценки дисбаланса микроэлементов в организме животных и среде их обитания [4]. Способ позволяет быстро и надёжно диагностировать микроэлементоз дисбаланса Cu, Mo и W у сельскохозяйственных копытных животных. В данном способе применён сходный с предлагаемым нами подход к оценке экологического воздействия не отдельно взятых химических элементов, а их пар. Недостатком его применения является невозможность выявлять техногенную составляющую Mo-W загрязнения почвогрунтов в пределах оцениваемой территории. Кроме того, для его реализации необходимо наличие молочного скота, который присутствует далеко не повсеместно.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В современной практике экомониторинга известен способ определения загрязнённости почвенного покрова техногенными компонентами [5]. Изобретение относится к мониторингу окружающей среды для выделения участков загрязнения почвенного покрова, установления источников загрязнения и зон влияния промышленных предприятий. Согласно способу, отбирают пробы почв, их высушивают, просеивают до фракции менее 1 мм, просеянную часть каждой пробы анализируют при помощи бинокулярного стереоскопического микроскопа, затем устанавливают процентное соотношение техногенных компонентов, по которым проводят построение изолиний и по трехкратному превышению значений относительно фона выделяют загрязнённые предприятиями участки почвенного покрова. Авторами заявлен технический результат: экспрессное определение загрязнённости почвенного покрова. Недостатком предложенного метода является отсутствие возможности дифференциации территории по степени загрязнённости (она признаётся либо загрязнённой, либо нет). Вторым существенным недостатком способа является полное отсутствие «геоэкологической составляющей». То есть решение о признании территории загрязнённой принимается исключительно на основании данных бинокулярной стереоскопической микроскопии, без учёта экологического влияния загрязнения на почвенный микробиоценоз.

Известен также способ определения техногенного загрязнения почв и донных осадков металлами [6]. Данный способ относится к экологической геофизике. Предлагается измерять магнитную восприимчивость почв и донных осадков на фоновом и исследуемом участках и судить о степени загрязнения по их сравнению, исходя из соотношения: 1,2 - 1,3 – умеренное загрязнение; 1,8 - 2,0 – сильное загрязнение, где кизм - магнитная восприимчивость на исследуемом участке, кфон – магнитная восприимчивость на фоновом участке. По мнению разработчиков, способ повышает экономичность и эффективность экологических исследований. Основное внимание авторов способа сосредоточено на почвах и донных отложениях, загрязнённых (по их мнению) металлами. В данном случае следует отметить, что применение геофизического метода не позволяет не только дифференцировать наличие техногенного загрязнения (разделить естественный фон и антропогенное влияние), но равно не даёт возможности определить геоэкологическое воздействие присутствующих металлов на биогеоценоз. Дело в том, что данный метод позволяет лишь определить валовые уровни металлов. Возможность конкретизации по отдельным химическим элементам полностью отсутствует.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее близким техническим решением к предлагаемому нами является способ диагностики хронического и аварийного загрязнения почв тяжелыми металлами посредством анализа активности фермента дегидрогеназы, включающий выделение типичного участка без явного источника эмиссии тяжёлых металлов (№1), и другого типичного участка с явным источником эмиссии приоритетных металлов (№2), отбор проб почвогрунтов равномерно по площади обследуемой территории, определение общепринятым способом активности фермента дегидрогеназы. По полученным значениям последней судят о наличии хронического или аварийного загрязнения территории [7].

Недостатками данного способа являются:

1. Невозможность установить причину повышенного уровня тяжёлых металлов: естественный природный уровень или человеческая деятельность.

2. Отсутствие селективности метода по Mo и W, поскольку он адаптирован под тяжёлые металлы, а молибден и вольфрам таковыми не являются. Молибден – жизненно необходимый микроэлемент, а вольфрам – инертный химический элемент с невыясненной до конца биологической ролью.

3. Сам подход с выбором заведомо «чистого» и «грязного» участков также вызывает ряд вопросов. Во-первых, если мы и так знаем, где есть загрязнение, то что же мы можем выяснить? Только ли дифференцировать «хронику» от «аварии» или ещё что-то? Во-вторых, возникает определённый вопрос: как метод будет работать, если в пределах «грязного» участка на хроническое загрязнение наложится мощный аварийный выброс? Ведь, судя по описанию, в данном случае произойдёт нивелировка активности фермента.

Задача, на решение которой направлен предлагаемый нами способ, заключается в обнаружении техногенной составляющей Mo-W загрязнения почвогрунтов, то есть на установление причины повышенного уровня металлов – природный уровень или результат человеческой деятельности. Вторым эффектом применения метода является возможность дифференциации степени присутствия техногенного загрязнения (в случае его наличия). Заключение основывается исключительно на геоэкологическом эффекте, наблюдаемом в почвогрунтах, подвергавшихся в течение длительного времени техногенному загрязнению. Данный геоэкологический эффект проявляется в изменении относительной активности пары почвенных ферментов: пероксидазы и дегидрогеназы. В отличие от рассмотренных выше, предлагаемый метод специально разработан под Mo и W. Он не требует предварительных знаний «чистоты» или «загрязнённости» участков. Напротив, позволяет определять наличие или отсутствие техногенной составляющей загрязнения непосредственно на заданном участке территории.

Поставленная задача решается тем, что в предлагаемом нами способе диагностики загрязнения почвогрунтов Mo и W производится отбор проб почвогрунтов равномерно по площади обследуемой территории, определение общепринятым способом активности почвенных ферментов дегидрогеназы и пероксидазы [1]. По полученным значениям выносится суждение о наличии и степени выраженности техногенной составляющей загрязнения территории.

Целесообразно при отборе проб распределять точки отбора равномерно по площади обследуемой территории. Нами принято при площади менее 1 гектара отбирать 3 образца, от 1 до 3 гектаров – 5 образцов, более 3 гектаров – по 2 образца на каждый полный или неполный гектар, а их транспортировку осуществлять в замороженном состоянии до -18 ± 3 °C. Выбор указанных выше критических диапазонов отношений активностей ферментов и количества образцов на единицу обследуемой площади обусловлен результатами многолетних исследований, проводимых в лаборатории биогеохимии окружающей среды Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН [8]. Установлено, что в естественных (фоновых) условиях на территориях, где отсутствует техногенная составляющая Mo-W загрязнения почвогрунтов, даже при высоких валовых концентрациях W и Mo уровень активности пероксидазы не превышает таковой у дегидрогеназы. В условиях техногенного W-Mo загрязнения наблюдается ситуация, когда уровень активности почвенной пероксидазы в 2 и более раза превышает таковой у почвенной дегидрогеназы. Соответственно, при значениях отношения активностей внеклеточных почвенных ферментов Апероксидаза/Адегидрогеназа, находящегося в интервале от 1 до 2, почвогрунт имеет слабое техногенное загрязнение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, использованием предлагаемого способа достигается повышение репрезентативности результатов мониторинга, обеспечение возможности регулярной мониторинговой оценки практически не ограниченного по площади региона при одновременном снижении трудозатрат. Характерным преимуществом предлагаемого способа, относительно аналогов и прототипа, является возможность оценки таких сложных объектов среды, какими являются межгорные степные котловины, а также речные поймы, имеющие значительную протяженность и сравнительно небольшую ширину.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ermakov V.V., Tyutikov S.F., Degtyarev A.P., Gulyaeva U.A. and Danilova V.N. Characteristics of the Accumulation of Metals by Plants and the Activity of Soil Enzymes in Metallogenic Territories of the Northern Caucasus // *Geochemistry International*. 2022. Vol. 67. No 7. P. 772-778. DOI: 10.1134/S0016702922070023.
2. Патент РФ на изобретение № 2794761 (RU 2 794 761 C1, G01N 33/24) «Способ диагностики техногенного загрязнения почвогрунтов металлами, преимущественно Мо и W»// Авторы: Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Данилова В.Н. Дата публикации: 24.04.2023 г. Бюлл. № 12.
3. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Сафонов В.А., Данилова В.Н., Хушвахтова С.Д. Сравнительное аккумулярование металлов ксантиноксидазой молока в различных геохимических условиях // *Питание и обмен веществ*. ISBN: 978-985-08-2016-7. – Минск: Беларуская навука, 2016. – Вып. 4. – С. 48-56.
4. Патент РФ на изобретение № 2542236, G01N 33/04; G01N 33/55 «Способ биохимической диагностики микроэлементного дисбаланса у сельскохозяйственных копытных животных» // Авторы: Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Дата публикации: 20.02.2015 г.
5. Патент РФ на изобретение № 2229738, G01V 9/00 «Способ определения загрязнённости почвенного покрова техногенными компонентами» // Авторы: Языков Е.Г., Шатилов А.Ю., Багазий Т.В. Дата публикации: 27.05.2004 г.
6. Патент РФ на изобретение № 2110068, G01N 33/24 «Способ определения техногенного загрязнения почв и донных осадков металлами» // Авторы: Молостовский Э.А., Ерёмин В.Н. Дата публикации: 27.04.1998 г.
7. Патент РФ на изобретение № 2617533, G01N 33/24 «Способ диагностики хронического и аварийного загрязнения почв тяжёлыми металлами посредством анализа активности фермента дегидрогеназы» // Авторы: Арно О.Б., Арабский А.К., Башкин В.Н. и др. Дата публикации: 25.04.2017
8. Свидетельство о гос. регистрации базы данных № 2019620037 «Геоэкологическая оценка территории по биогеохимическому экстремуму-БД-1998-2018» // Авторы: Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Дегтярёв А.П., Проскурякова Л.В., Кречетова Е.В. Дата публикации:

УДК 582.056:502.75

СОСТОЯНИЕ СОХРАННОСТИ И УГРОЗЫ ВИДАМ РОДА *ALLIUM* L. (ЛУК) В ПАМИР-АЛАЙСКОМ РЕГИОНЕ КЫРГЫЗСТАНА

Н. К. Турдуматова¹, А. М. Мусаев², М. Р. Ганыбаева¹, У. А. Невераев¹

¹Институт биологии НАН КР, Бишкек, Кыргызстан

²Лесная служба при Министерстве сельского хозяйства Кыргызской Республики

КЫРГЫЗСТАНДЫН ПАМИР-АЛАЙ РЕГИОНУНДАГЫ *ALLIUM* L. (ПИЯЗ) ТУКУМУНУН ТҮРЛӨРҮНҮН САКТАЛЫШ АБА-ЛЫ ЖАНА ТҮРЛӨРГӨ БОЛГОН КОРКУНУЧТАР

Н. К. Турдуматова¹, А. М. Мусаев², М. Р. Ганыбаева¹, У. А. Невераев¹

¹КР УИА Биология институту, Бишкек, Кыргызстан

²Кыргыз Республикасынын Айыл чарба министрлигине караштуу Токой кызматы, Бишкек, Кыргызстан

CONSERVATION STATUS AND THREATS TO SPECIES OF THE GENUS *ALLIUM* L. (ONION) IN THE PAMIR-ALAI REGION OF KYRGYZSTAN

N. K. Turdumatova¹, A. M. Musaev², M. R. Ganybaeva¹, U. A. Neveraev¹

¹Institute of Biology, National Academy of Sciences, Bishkek, Kyrgyzstan

²Forest Service under the Ministry of Agriculture of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyzstan

nazgul.turdumatova@gmail.com, almazmusaev1972@gmail.com, myskalwanybaeva@mail.ru, neveraev@mail.ru