

МЫШЬЯК В ПОЧВАХ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ АЛТАЯ

С.В. Бабошкина, А.В. Пузанов, О.А. Ельчининова, И.В. Горбачев

Исследовано содержание и поведение As в почвах напряженного литохимического фона. Показано, что высокий уровень концентрации элемента в почвах природных ландшафтов не вызывает его дополнительного притока в другие компоненты окружающей среды. Техноземы, напротив, являются источниками загрязнения мышьяком сопряженных территорий.

Проблема загрязнения окружающей среды особенно остро стоит в регионах разработки рудников, функционирования предприятий цветной металлургии. Именно к таким регионам относится Алтай. Здесь в пределах ореолов рассеяния полиметаллических и ртутных месторождений формируются очаги повышенного литохимического фона. Мышьяк, как элемент, сопутствующий основным рудным компонентам, в пределах изучаемой территории обнаруживается в довольно высоких концентрациях [1, 3]. Уровень фонового содержания мышьяка в почвах Алтая – 17,4 мг/кг [4], хотя и не выходит за пределы концентраций для незагрязненных почв мира (<1 – 95 мг/кг [5]), все же весьма высок: превышает среднее значение для почв бывшего СССР (3,6 мг/кг [6]) и современные российские ОДК (2 – 10 мг/кг [7]).

Биогеохимическая ситуация на Алтае осложняется наличием участков повышенных и аномальных концентраций мышьяка. Мощным антропогенным источником загрязнения окружающей среды изучаемой территории является Алтайский горно-обогатительный комбинат (бассейн р. Алей, левобережье). За период функционирования предприятия были складированы обширные хвостовые отходы, от которых в настоящее время исходит реальная опасность загрязнения окружающей среды токсичными элементами. Масштабы выноса основных и сопутствующих рудных элементов могут быть значительными. В литературе, например, отмечено повышенное содержание мышьяка (80 – 670 мг/кг) в мелких и тонких фракциях хвостохранилищ Салаирского ГОКа, что является, по мнению исследователей, весьма угрожающим экологическим фактором для окружающей среды [8].

Нами исследовано и оценено содержание мышьяка в хвостовых отходах АГОКа, в почвах прилегающей территории (окрестностей г. Горняка) и в почвах, формирующихся в условиях напряженного литохимического фона.

Методы исследования. В основу полевых исследований положен сравнительно-

географический метод. Определение физико-химических свойств почв выполнено общепринятыми методами, содержание мышьяка в почвах – методом атомной абсорбции на спектрофотометре фирмы Perkin Elmer.

Для определения потенциально доступного растением мышьяка использовались вытяжки 0,2н HCl при отношении почва: раствор – 1:10, по методу Кирсанова, разработанному для определения подвижных форм геохимически сродного мышьяку фосфора [9].

Кислотная вытяжка экстрагирует находящиеся в растворе арсенаты и формы элемента, связанные на поверхности глинистых минералов аналогично тому, как это происходит в природе, в процессе контактного обмена между корневым волоском и твердой частью почвы, за счет непрерывного синтеза растением кислых коллоидальных веществ (таких как пектиновые кислоты) на поверхности корня [10].

Обсуждение результатов. Почвы, формирующиеся над очагами т.н. «естественного загрязнения» (полиметаллическое месторождение Тушканихинское, ртутные – Акташское и Чаган-Узун), содержат аномальные и повышенные концентрации мышьяка: 100 – 2000 мг/кг, 64 – 346 мг/кг и 21 – 70 мг/кг, соответственно.

По мере приближения разреза к месторождению, а образца почвы, соответственно, к рудному телу наблюдается повышение концентрации мышьяка. Особенно четко эта закономерность проявляется в условиях обильного увлажнения, когда геохимические связи хорошо выражены. Например, в пределах геохимических профилей вдоль озера Чибит-Кюль Акташского ртутного месторождения горно-лесные бурые почвы (19-99 и 11-к разрезы), занимая более высокие гипсометрические уровни, характеризуются меньшим содержанием мышьяка, чем луговые почвы сопряженных низинных ландшафтов (рис. 1, табл. 1). Здесь также можно отметить «жильный» характер рудопроявления: в пределах одного разреза колебания концентрации незначительны, тогда как каждый разрез может

отличаться от другого на порядок по количеству элемента.

Таблица 1
Содержание валового As в почвах над
Акташским месторождением

горизонт	As, мг/кг
горно-лугово-степная, 18-99	
А д	17
А 2 д	30
А 1	36
В	29
Д 1	26
Д 2	30
Д 3	21
Д 4	31
горно-лесная бурая, 19-99	
А д т	11
А 1	14
А 1	18
В	17
С Д	25
горно-луговая, 20-99	
А д т	18
А В	21
В	23
В С	18
Д 1	22
Д 2	69
горно-лесная бурая, 11-К	
А д	77
А 1	70
В	74
С	72
С	64
горно-луговая, 13-К	
А д	216
В	208
С	220
горно-луговая, 9-К	
А д	346
В	298
С Д	320

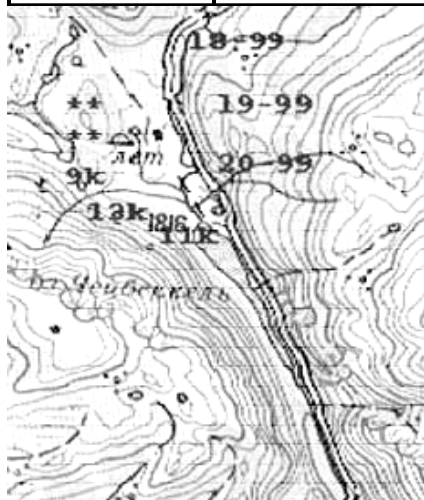


Рис. 1. Схема расположения почвенных разрезов над Акташским месторождением

При сравнении почв одного типа, но формирующихся на субстратах различного петрографического состава, оказалось, что процессы перераспределения мышьяка в профиле, образования его подвижных соединений определяются условиями почвообразования и не зависят от количества элемента.

Например, в черноземовидной почве окрестностей полиметаллического месторождения обнаружены повышенные (до 77 мг/кг) концентрации валового мышьяка (рис. 2). Однако, по внутрипрофильному поведению, а также по абсолютному и процентному содержанию подвижных форм элемента данный разрез (р.62) практически не отличается от разреза черноземовидной почвы Семинского хребта (р.14). Содержание мышьяка в растениях на этих почвах в обоих случаях не превышает 0,5 мг/кг.

Таким образом, естественно высокий уровень валового содержания мышьяка в черноземовидных почвах Алтая не представляет экологической опасности для окружающей среды, поскольку при этом степень подвижности элемента не увеличивается, а его внутрипрофильное поведение не изменяется и остается характерным для данного типа почв.

Примером локального антропогенного воздействия на почвенный покров является разрез горно-тундровой полугидроморфной почвы, который отличается повышенным валовым содержанием мышьяка и резко аккумулятивным характером распределения (рис. 3), что объясняется его расположением на месте бывшей дислокации воинской части.

Концентрация валового мышьяка в верхнем горизонте здесь достигает 40 мг/кг, что превышает его условно исходное значение в 1,5 раза, а содержание водорастворимых арсенатов выше предела обнаружения – 0,033 мг/кг.

Содержание доступных растениям соединений мышьяка также повышено (0,7 мг/кг). Известно, что при техногенном загрязнении абсолютное и относительное содержание подвижных форм элементов-токсикантов возрастает [2]. Однако процентное содержание подвижной формы в рассматриваемой нами горно-тундровой почве невысокое, а концентрация мышьяка в растительном образце, вопреки ожиданиям, не превышает уровень его содержания в растениях незагрязненных ландшафтов, что свидетельствует о слабом притоке ионов элемента в живые

МЫШЬЯК В ПОЧВАХ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ АЛТАЯ

организмы и отсутствию на данный момент экологической опасности.

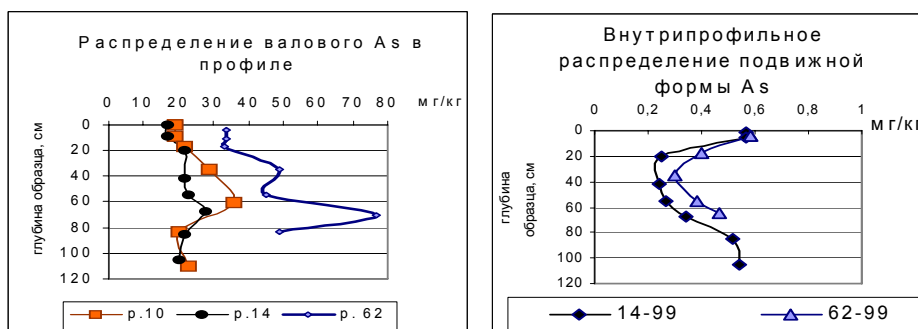


Рис. 2. Поведение мышьяка в профиле горнолесных черноземо-видных почв Алтая

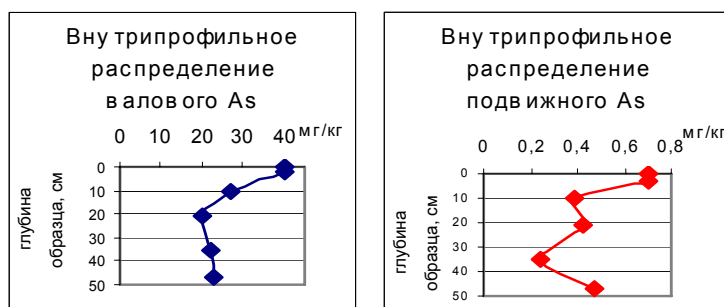


Рис. 3. Влияние техногенного загрязнения на содержание и распределение As в горно-тундровой полугидроморфной почве, р. 12-99

Очевидно, дополнительный приток мобильных соединений элемента связывается в кислой среде с органическим веществом тундровых почв, и «техногенный» мышьяк, нарушая экологического равновесия, переходит в неподвижное состояние. Техногенно измененные ландшафты требуют постоянного контроля за содержанием мышьяка и других токсичных элементов. Мышьяк является индикатором золота, сопутствующим золотоносным образованиям элементом [11]. В техноземе Краснощековского золоторудного комбината нами обнаружены невысокие концентрации мышьяка. Однако содержание в образцах растительности, взятых со склонов штабеля, составляет 5,7-8,8 мг/кг, что значительно превышает уровень концентрации мышьяка в растениях фоновых участков Алтая 0,05-0,75 мг/кг и среднемировые данные для растительности незагрязненных территорий <1 мг/кг [5].

В отложениях хвостохранилищ АГОКа нами обнаружены сверханомальные концентрации мышьяка. В результате нарушения технологии хранения происходит периодическое иссушение поверхности хвостохранилищ, что обуславливает аэрогенную миграцию микроэлементов в составе тонкодисперсных фракций.

Содержание мышьяка в черноземах левого берега р. Алей достоверно выше, чем в педосфере правобережья, и не отличается от содержания мышьяка в почвах окрестностей

г. Горняк. Возможно, повышенные концентрации элемента определяются его аэрогенным приносом с поверхности хвостохранилищ АГОКа (табл. 2, рис. 4).

Кроме того, здесь обнаружено локальное превышение концентрации мышьяка в аллювиальной тонкосупечаной слоистой почве – содержание элемента в верхних горизонтах достигает 44,3 мг/кг. Вообще, по мере приближения к источнику загрязнения повышение абсолютной концентрации мышьяка наблюдается не во всех случаях, однако всегда возрастает его относительное содержание в гумусовых горизонтах.

Обращает на себя внимание тот факт, что Тушканихинское месторождение, также являющееся потенциальным источником дополнительного поступления мышьяка в почвы бассейна р. Алей (правого берега), как очаг «естественного загрязнения», оказывает сравнимо меньшее влияние на изменение содержания элемента в педосфере. Среднее содержание мышьяка в почвах окрестностей г. Горняка (15,1 мг/кг), не является чрезмерно высоким, хотя и превышает фоновое.

ВЫВОДЫ

1. Почвы, формирующиеся над месторождениями полиметаллов и киновари, содержат аномальные концентрации мышьяка.
2. Естественно высокий уровень содержания мышьяка в почвах Алтая не представляет экологической опасности, поскольку сте-

пень подвижности элемента в них не увеличивается, а внутрипрофильное поведение

остаётся характерным для данного типа почв.

Таблица 2

Содержание мышьяка в педосфере бассейна р. Алей

Участок	n	As, мг/кг		V%	Закон распределения значений
		lim	$\bar{X}_{cp} \pm \bar{x}$		
Хвостохранилища, 0-20 см	22	15,0 – 440,0	171,0±40,0	71,5	не норм
г. Горняк	40	9,6 – 24,0	15,1±1,3	27,2	близко к норм.
Левобережье р. Алей	73	1,6 – 28,9	14,4±1,2	36,9	близко к норм.
Правобережье р. Алей	55	1,0 – 20,9	11,7±1,2	39,1	близко к норм.

Примечание. \bar{x} - доверительный интервал, $\frac{\sigma}{\sqrt{n}} * 1,96$, где σ - стандартное отклонение

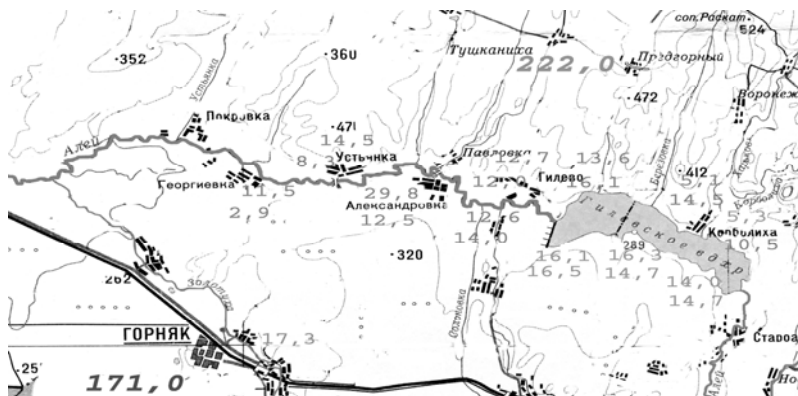


Рис. 4. Средневзвешенное содержание мышьяка в черноземах бассейна р. Алей

3. Одним из следствий локального антропогенного воздействия на некоторые высокогорные ландшафты является резко аккумулятивный тип распределения мышьяка в тундровой почве.

4. В настоящее время почвенный покров бассейна р. Алей испытывает техногенную нагрузку: с поверхности высыхающих хвостохранилищ АГОКа на прилегающие территории переносится пыль с высоким содержанием мышьяка и других элементов.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РГНФ 05-06-18001е, 05-06-18015е, РФФИ № 05-05-79180, интеграционных проектов СО РАН №167 и №65.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин В.Б. Фоновое содержание мышьяка в почвах Западной Сибири // *Агрохимия* 1992. – №6.
 2. Ильин В.Б. Конарбаева Г.А. Мышьяк в почвах Западной Сибири в связи с региональным мониторингом окружающей среды // *Почвоведение*. – 1995. – №5. – С.634-638.

3. Мальгин М.А., Пузанов А.В.. Мышьяк в почвах юга Западной Сибири // *Сиб. экол. журн.* – 1996. – №2. – С.199 - 210.

4. Бабошкина С.В. Мышьяк в компонентах окружающей среды Алтая: Автореф. канд. дисс. – Новосибирск, 2005. – 23 с.
 5. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М., Мир. 1989.
 6. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов. – М., 1957. – 238 с.
 7. Ориентировочно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в почвах. Гигиенические нормативы 2.1.7.020-94. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1995.
 8. Бортникова С.Б., Айриянц А.А. Геохимия и минералогия техногенных месторождений Салаирского ГОКа // *Геохимия*. - 1996, №2. – С.171-185.
 9. Карпова Е.А. Мышьяк в почвах Сихотелинского биосферного заповедника: Автореф. дис.... канд. биол. наук. – М.: МГУ, 1986. – С. 5.
 10. Вильямс В.Р. Почвоведение. – М., 1946.
 11. Баранова Н.Н. Полинский А.Б. О содержаниях и формах нахождения Au, As, Fe, Sb в минералообразующих растворах золото-сульфидно-теллуридных месторождений // *Геохимия*. – 1995. – №12. – С.1706-1799.