

**Растанина Наталья Константиновна**

канд. биол. наук, доцент

**Чекмарева Лариса Ивановна**

канд. хим. наук, доцент

**Чегодаева Вера Дмитриевна**

студентка

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет»

г. Хабаровск, Хабаровский край

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТХОДОВ ЗАКРЫТЫХ ОЛОВОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДФО НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН И РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

**Аннотация:** анализ, обобщение и систематизация литературных данных свидетельствует о том, что освоение месторождений полезных ископаемых приводит к интенсивному загрязнению компонентов природной среды. Современное состояние окружающей среды в Дальневосточном Федеральном округе (ДФО) в результате прошлой деятельности закрытых оловорудных предприятий характеризуется высоким техногенным загрязнением, превышающим в десятки и сотни раз допустимые нормы. Отсутствие информации о масштабах и характере загрязнения экосистем при переработке минерального сырья и методов оценки его воздействия на организм человека препятствует разработке эффективных мер, обеспечивающих благоприятную среду обитания. В связи с этим, целью исследования в данной статье явилась оценка влияния отходов закрытых оловорудных предприятий на прорастание семян овощных культур, развитие проростков и изучение их склонности к аккумуляции ТМ.

**Ключевые слова:** отходы переработки, оловорудное сырье, техногенные объекты, соединения тяжелых металлов, здоровье населения.

### Объекты и методы исследований

Объектом исследований являются горнопромышленные техногенные системы, сформированные в процессе освоения оловорудного сырья и

образовавшиеся в результате прошлой деятельности Хрустальненского и Солнечного ГОКов. В работе использован комплекс основных методов и методических приемов: системного и комплексного подходов, а также обобщения теоретических и экспериментальных исследований, научного прогнозирования, статистической обработки экспериментальных данных. Пробы биоматериала готовились к анализу однообразно и анализировались в Хабаровском инновационно-аналитическом центре ИТИГ ДВО РАН на современном приборе масс-спектрометре ICP-MS Elan 9000 (Канада), по методике выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом ИСП-МС ПНД Ф 16.1:2.3:3.11–98.

### *Результаты и обсуждения*

Интенсивное освоение минерального сырья горными предприятиями в Дальневосточном федеральном округе в прошлом веке способствовало многомасштабному техногенному загрязнению всех компонентов окружающей среды [1;2; 4 и др.]. В окрестностях горнопромышленных предприятий, подверженных в той или иной степени воздействию отходов переработки сформировались биогеохимические зоны с высоким содержанием соединений токсичных химических элементов, в том числе тяжелых металлов (ТМ) и мышьяка. К таким градообразующим горным предприятиям в прошлом столетии относились Солнечный ГОК (Хабаровского края) и Хрустальненский ГОК (Приморского края). В годы перестройки они не справились с трудностями переходного периода и были обанкрочены. Хвостохранилища, содержащие огромное количество токсичных отходов [1], оказывающих мощное негативное воздействие на окружающую среду до настоящего времени [1; 3], представляют реальную угрозу для здоровья человека, флоры и фауны, а также водных объектов. Положение усугубляется тем, что эти техногенные объекты расположены вблизи населенных пунктов (горняцких поселков), на расстоянии 1,5–3 км. В нашем эксперименте было проведено проращивание семян наиболее популярных среди населения овощных культур на воде, и на подложке в присутствии отходов обогащения оловорудного сырья в течение 8–14 дней.

Были выбраны растения с коротким периодом проращивания, такие как фасоль (*Phaseolus vulgaris* L., семейства Fabaceae), огурец (*Cucumis sativus* L., семейства Cucurbitaceae), тыква (*Cucurbita pepo*, семейства Cucurbitaceae), картофель (*Solanum tuberosum* L., семейства Solanaceae), редис (*Raphanus sativus* var. *Radicula*, семейства Brassicaceae), горох посевной (*Pisum* L., семейства Fabaceae). В корневой и наземной части растений определялись содержание ионов металлов хрома  $\text{Cr}^{3+}$ , марганца  $\text{Mn}^{2+}$ , железа  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ , никеля  $\text{Ni}^{2+}$ , кобальта  $\text{Co}^{2+}$ , цинка  $\text{Zn}^{2+}$ , меди  $\text{Cu}^{2+}$ , кадмия  $\text{Cd}^{2+}$ , олова  $\text{Sn}^{2+}$ , свинца  $\text{Pb}^{2+}$  и висмута  $\text{Bi}^{3+}$ , а также ионов мышьяка  $\text{As}^{+3}$  и сурьмы  $\text{Sb}^{+3}$ .

Из ранее проведенных исследований известно, что данные культуры способны произрастать на почвах с высоким содержанием соединений ТМ. Повышенные концентрации соединений ТМ в корнеобитаемой среде приводят к различным изменениям физиологических процессов, к торможению их роста [5; 6]. Влияние отходов переработки оловорудного сырья («хвостов») на всхожесть огородных культур специфично для каждой культуры, но в целом наблюдается стимуляция процесса проращивания в начальный период (1–4 дня), после чего проростки гибнут. Чтобы выяснить, в какой мере каждая из огородных культур аккумулирует ТМ, по окончании проращивания был собран биоматериал и проанализирован на наличие в стеблях и корнях тяжёлых металлов и мышьяка. Суммарное содержание ионов элементов и представлено таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика содержания ионов ТМ и As, аккумулируемых плодоносящими частями овощных культур

Объект анализа	Аккумулируемые ионы ТМ и As по мере убывания их содержания	Суммарное содержание аккумулированных ионов ТМ и As, мг/кг
Отходы оловорудного сырья.	Zn = PbCu Sn Fe Ni	690
Водная вытяжка отходов оловорудного сырья	Zn Mn Fe Cu Pb	380
Редис ( <i>Raphanus sativus</i> var. <i>Radicula</i> ), корневая часть	As Zn Cu	685

Картофель ( <i>Solanum tuberosum</i> ), корне- вая часть	As Zn Cu	375
Огурцы ( <i>Cucumis sativus</i> L.), стебли	Zn Cu As Ni	155
Горох ( <i>Pisum</i> L.), стебли	Zn Cu As	75
Фасоль ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ), стебли	Zn Cu As <sub>(мало)</sub>	70
Лук ( <i>Allium cepa</i> L.), перо	Zn Cu Ni	66
Лук ( <i>Allium cepa</i> L.), луковица	Zn Cu Ni As	46
Тыква ( <i>Cucurbita pepo</i> )	Zn As Cu	41

Анализ экспериментальных данных позволяет сделать вывод, что горохом и фасолью, редисом, тыквой в заметных количествах поглощаются в процессе проращивания семян элементы  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $As^{+3}$ , незначительно  $Cr^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ . Причём корни поглощают сильнее, чем надземная часть растения. При этом тыква аккумулирует ТМ сильнее, чем бобовые, но несколько в меньшей степени, чем огурцы.

Корни картофеля в наибольшей степени аккумулируют  $Cu^{2+}$ ,  $As^{+3}$ , в меньшей степени  $Pb^{2+}$ . В наибольшей степени биомасса огурцов аккумулирует  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $As^{+3}$ , в меньшей степени  $Ni^{2+}$ , причём корни поглощают ТМ в большей степени, чем надземная часть огурцов. В целом, огурцы аккумулируют ТМ сильнее, чем горох. Таким образом, лидерами аккумуляции являются три элемента – цинк  $Zn^{2+}$ , медь  $Cu^{2+}$  и мышьяк  $As^{+3}$ . Сравнение результатов эксперимента позволяет сделать выводы, что в наибольшей степени аккумулирует соединения ТМ корневая система растений, особенно наглядный пример представляют собой редис и картофель. Количества усвояемых ими ионов тяжелых металлов соизмеримо с содержанием последних в отходах обогащения и водной вытяжке из них. Следовательно, эти культуры наиболее опасны для человека, если в процессе культивирования они в большей степени подвергаются влиянию отходов закрытых оловорудных предприятий.

### Заключение

Исследовано влияние отходов оловорудного сырья на развитие и прорастание овощной культур. Выявлено, что изучаемые культуры устойчивы к воздействию основных компонентов отходов и способны аккумулировать ТМ в своей биомассе, различными её частями – корнями, надземной частью. В

корневой части в значительных количествах концентрируются соединения следующих химических элементов:  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $As^{3+}$ .

Также здесь имеет место и явление избирательности культур по отношению именно к цинку. Так, свинец  $Pb^{2+}$  и марганец  $Mn^{2+}$ , которые содержатся в отходах («хвостах») и водной вытяжке из них в достаточно большом количестве, растениями не поглощаются. Тревожным симптомом является аккумуляция мышьяка  $As^{+3}$  корневой частью исследуемых растений. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что при выращивании овощных культур в границах влияния закрытых оловорудных предприятий обнаружено негативное воздействие отходов на человека через пищевые цепи. Возможно накопление загрязняющих веществ в организме, которое приводит к физиологическим сдвигам и развитию эколого-обусловленных заболеваний.

### ***Список литературы***

1. Зверева В.П. Техногенное минералообразование как показатель экологического состояния оловорудных районов Дальнего Востока / В.П. Зверева, А.М. Костина, О.В. Коваль // Горный журнал. – 2009. – №4. – С. 41–43.
2. Characteristics of mining-ecological monitoring of environmental objects changing under the influence of toxic waste tailing dump («Solnechny GOK» Company) / L.T. Krupskaya, M.B. Bubnova, V.P. Zvereva, A.V. Krupskiy // Environmental Monitoring and Assessment. – Vol. 184. – №5. – 2012. – P. 2775–2781.
3. Крупская Л.Т. Оценка риска для здоровья населения, связанного с загрязнением атмосферного воздуха в районе Солнечного ГОКа / Л.Т. Крупская, Н.К. Раганина // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – №15. – С. 318–323.
4. Основные направления решения экологических проблем минерально-сырьевого комплекса в Дальневосточном регионе / К.Н. Трубецкой, Ю.П. Галченко, Н.И. Грехнев, Л.Т. Крупская // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2009. – №6. – С. 483–489.
5. Мудрый И.В. Тяжелые металлы в системе почва – растение – человек / И.В. Мудрый // Гигиена и санитария. – №1. – С.14–17.

6. Бингам Ф.Т. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / Ф.Т. Бингам, М. Коста, Э. Эйхенбергер; пер. с англ.; под ред. Х. Зигеля, А. Зигель. – М.: Мир, 1993. – 368 с.