ՀՀ ԳԱԱ «ՀԱՅԿԵՆՍԱՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱ» ԳԱԿ

ՕԼԳԱ ԱԼԵՔՍԱՆԴՐԻ ԲԵԼՅԱԵՎԱ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԼԵՌՆԱՀԱՆՔԱՅԻՆ ՇՐՋԱՆՆԵՐԻ ԱԳՐՈԿԵՆՍԱՅԵՆՈԶՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ ԵՎ ԱՂՏՈՏՎԱԾ ՀՈՂԵՐԻ ԿԵՆՍԱՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՈՒՄԸ

Գ.00.14–«Կենսատեխնոլոգիա» և
Գ.00.11–«Էկոլոգիա» մասնագիտություններով
կենսաբանական գիտությունների թեկնածուի գիտական
աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

Երևան – 2013

НПЦ «АРМБИОТЕХНОЛОГИЯ» НАН РА

БЕЛЯЕВА ОЛЬГА АЛЕКСАНДРОВНА

ИЗУЧЕНИЕ АГРОБИОЦЕНОЗОВ ГОРНОРУДНЫХ РАЙОНОВ АРМЕНИИ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук по специальностям
03.00.14–«Биотехнология»
и 03.00.11–«Экология»

Ереван – 2013

© National Library of Armenia OCR by Portmind

Ատենախոսության թեման հաստատվել է
ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգանոոսֆերային հետազոտությունների կենտրոնում և
ՀՀ ԳԱԱ «Հայկենսատեխնոլոգիա» գիտաարտադրական կենտրոնում

Գիտական ղեկավարներ՝ ՌԴ ե-հ.գ.դ. Ա.Կ. Սաղաթելյան
կ.գ.դ., պրոֆեսոր Հ.Գ. Հովհաննիսյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ կ.գ.դ., պրոֆեսոր Վարդապետյան Հ.Ռ.
գ.գ.դ., պրոֆեսոր Գալստյան Մ.Հ.

Առաջատար կազմակերպություն՝ ՀՀ ԳԱԱ Գ.Ս. Դավթյանի անվան
հիդրոպոնիկայի պրոբլեմների ինստիտուտ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2013 թ. ապրիլի 5-ին, ժամը 16:00, ՀՀ ԳԱԱ «Հայկենսատեխնոլոգիա» ԳԱԿ-ում գործող ՀՀ ԲՈՀ-ի Կենսատեխնոլոգիայի 018 մասնագիտական խորհրդի նիստում:
Հասցե՝ 0056, ՀՀ ք. Երևան, Գյուրջյան 14, հեռ/ֆաքս (+374 10) 65 41 83
Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ «Հայկենսատեխնոլոգիա» ԳԱԿ-ի գրադարանում:
Սեղմագիրն առաքված է 2013 թ. մարտի 5-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար կ.գ.թ. Գ.Ե. Ավետիսովա

Тема диссертации утверждена в
Центре эколого-ноосферных исследований НАН РА и
Научно-производственном центре “Армбиотехнология” НАН РА

Научные руководители д.г.-м.н. РФ А.К. Сагателян
д.б.н., профессор Г.Г. Оганесян

Официальные оппоненты д.б.н., профессор Г.Р. Вардапетян
д.с-х.н., профессор М.А. Галстян

Ведущая организация Институт проблем гидропоники НАН РА им. Г.С.Давтяна

Защита состоится 5 апреля 2013 г. в 16:00 на заседании специализированного совета 018 Биотехнологии ВАК РА при НПЦ “Армбиотехнология” НАН РА.
Адрес: 0056 РА, г. Ереван, ул. Гюрджяна 14, тел/факс: (+374 10) 65 41 83
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПЦ “Армбиотехнология” НАН РА

Автореферат разослан 5 марта 2013 г.
Ученый секретарь специализированного совета к.б.н. Г.Е. Аветисова

© National Library of Armenia

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Горнорудная промышленность является ведущей отраслью экономики Армении. Наряду с решением некоторых задач социально-экономического развития она создает многочисленные проблемы природоохранного характера, которые имеют непосредственное влияние также на сельскохозяйственное производство.

По ряду объективных и субъективных причин практической нормой в РА стала работа горнорудных комбинатов без очистных сооружений, сброс в поверхностные водотоки рудничных вод, заброшенность хвостохранилищ и многие другие нарушения, что оказывает негативное влияние на состояние окружающей среды. Безответственность добывающих компаний и переработчиков руды в значительной степени обусловлена несовершенством законодательной базы в сфере недропользования и охраны природы, и часто недостатком достоверной информации при принятии экологически значимых решений.

Основными загрязнителями компонентов агроэкосистем, соседствующих с горнорудными комплексами являются тяжелые металлы. Это персистентные загрязнители окружающей среды. Загрязнение компонентов агробиоценозов приводит к миграции тяжелых металлов в пищевых цепях, вследствие чего опасные загрязнители аккумулируются в конечной сельскохозяйственной продукции. Длительный и постоянный привнос даже малых доз тяжелых металлов может привести к постепенной деградации почв, в результате не только снижается урожайность, но и может произойти полная потеря почвенного плодородия. Существующие меры по ликвидации загрязнения почв тяжелыми металлами весьма сложны, дорогостоящи и, как правило, сопряжены с вновь возникающими рисками. Вовлечение новых, незагрязненных территорий в сельскохозяйственный оборот во многих регионах страны проблематично.

Устойчивое развитие сельских территорий и аграрного сектора стратегически важно для Республики Армения. Последний является не только экспортно-потенциальным направлением, но и перспективной базой для набирающего все большую популярность сельскохозяйственного и этнического туризма.

На фоне значительных изменений в глобальной экономике и прогнозируемого глобального продовольственного кризиса, проблема получения местной, безопасной сельскохозяйственной продукции встает особо остро.

Таким образом, управляемые риски, возникающие в сфере влияния горнорудной промышленности, должны быть минимизированы. С этих позиций получение достоверной исчерпывающей информации, качественно и количественно характеризующей влияние горнорудного производства на агропромышленный комплекс, является наиболее актуальной задачей. Сопряженные эколого-геохимические исследования компонентов агробиоценозов позволяют получить емкие и информативные данные, на основе которых возможны как выявление факторов риска, так и разработка природоохранных мер, направленных на снижение ущерба и минимизацию выявленных рисков.

Цель и задачи исследования. Целью настоящего исследования является качественно-количественная оценка влияния наиболее крупных горнорудных центров РА, расположенных в гг. Каджаран, Капан и Алаверди, на пространст-

© National Library of Armenia

венно сопряженные с ними агробиоценозы и подходы к биотехнологической ремедиации загрязненных почв.

Для достижения цели были поставлены и выполнены следующие **задачи**:

- определение уровней загрязнения вод, использующихся для ирригации агробиоценозов гг. Каджаран, Капан, Алаверди и прилегающих территорий;
- определение уровня загрязнения почв агробиоценозов гг. Каджаран, Капан, Алаверди и прилегающих территорий;
- санитарно-гигиеническая оценка получаемой сельскохозяйственной продукции, на основе сравнения содержаний тяжелых металлов с действующими ПДК;
- предложение мер, по минимизации риска загрязнения компонентов агробиоценозов, а также рисков для здоровья населения;
- определение коэффициента биологического накопления и рядов накопления тяжелых металлов в тканях растения для выявления растений-гипераккумуляторов;
- предложение эффективных биотехнологических методов реабилитации загрязненных почв и разработка ассортимента растений-гипераккумуляторов, подходящих для фиторемедиации загрязненных почв.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Загрязнение ирригационных вод приводит к вовлечению тяжелых металлов в пищевые цепи и их аккумуляции в сельскохозяйственной продукции.
2. Наряду с действующими промышленными объектами, мощным источником загрязнения тяжелыми металлами являются отходы производства в частности действующее и законсервированные хвостохранилища.
3. Наиболее интенсивно в тканях сельскохозяйственных культур накапливаются элементы I класса опасности Pb, As, Cd и Hg.
4. Риски для здоровья потребителя связаны с элементами-примесями основных промышленных металлов, концентрации которых в руде невелики, однако в процессе техногенеза они выносятся на поверхность, рассеиваются в окружающей среде и попадают в пищевые цепи.
5. Исследования интенсивности биологического накопления тяжелых металлов в растениях позволяют рекомендовать перечень растений наиболее подходящих для использования при фиторемедиации загрязненных почв.

Научная новизна. Впервые в сфере влияния горнорудных производств Армении в системе “ вода – почва – растение” исследованы элементы I класса опасности: Hg, As, Pb, Cd. Впервые установлено, что главным фактором экологического риска горнорудных комплексов Армении являются не имеющие экономической значимости элементы-примеси руд.

Впервые исследованы агробиоценозы территории законсервированных хвостохранилищ ЗММК, а также дана санитарно-гигиеническая оценка получаемой здесь сельскохозяйственной продукции.

Рассчитаны значения коэффициента биологического накопления (A_x) для наиболее распространенных видов сельскохозяйственных культур, что позволило:

- разработать ассортимент культур, не накапливающих тяжелые металлы, тем самым наиболее безопасных для культивации в данных условиях загрязне-

© National Library of Armenia

ния и получения сельскохозяйственной продукции, отвечающей требованиям, предъявляемым к пищевым продуктам;

- в целях биотехнологической ремедиации почв рекомендовать ассортимент сельскохозяйственных культур, интенсивно накапливающих тяжелые металлы.

Практическая значимость и применение. Результаты работы могут быть использованы:

- при планировании функционального использования городских территорий, а также прилегающих к городам сельских местностей;
- при разработке мониторинговых исследований качества основных средств сельскохозяйственного производства: ирригационных вод и почв;
- для разработки мероприятий, направленных на реабилитацию почв, минимизацию рисков для здоровья потребителя;
- при анализе рисков пищевых цепей, планировании системы контроля качества пищевых продуктов,

Фактический материал. Работа выполнена в Центре Эколого-ноосферных исследований НАН РА. В диссертации использованы материалы исследований трех проектов: «Оценка влияния на окружающую среду хвостохранилищ добычи и обогащения горнорудного производства на территории города Каджаран (Сюник)» (2005) выполненного по заказу муниципалитета г. Каджаран и поддержке ереванского офиса ОБСЕ; «Оценка влияния хвостохранилищ горнорудной промышленности и Капанского медного комбината на окружающую среду г. Капан (Сюникский марз)» (2007), при поддержке ереванского офиса ОБСЕ; «Оценка риска загрязнения тяжелыми металлами сельскохозяйственной продукции РА» (CASE project, 2011), проведенных Центром Эколого-ноосферных исследований с участием автора в период с 2005 по 2011 гг., а также опубликованные материалы. Личный вклад автора состоит в участии в полевых работах, подготовке проб к анализу, статистической обработке результатов исследований и их интерпретации.

Апробация. Основные результаты исследований были доложены на Международной молодежной научной конференции «Горные территории – экологические проблемы городов» (Ереван 29-30 мая 2007 г.); Первом Международном симпозиуме по медицинской геологии (14-16 Июня 2010 г., Тегеран, Иран); V Международной научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания» (21-22 октября 2011 г. Челябинск, Россия); V Международной Конференции "Экологическая химия 2012" (2-3 марта 2012 г., Кишинев, Молдова); 34-ом Международном Геологическом конгрессе (5-10 августа 2012 г., Брисбен, Австралия).

Публикации. Из 23 публикаций автора по теме диссертации опубликованы 13 работ.

Струкура и обьем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, выводов, списка литературы (226 ссылок), приложение. Основная часть диссертации изложена на 147 страницах, содержит 40 таблиц и 58 рисунков.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность научным руководителям доктору геолого-минералогических наук, директору Центра эколого-ноосферных исследований НАН РА Армену Карленовичу Сагателяну и заведующему лабораторией генетики микроорганизмов НПЦ "Армбиотехноло-

© National Library of Armenia

гия" НАН РА, доктору биологических наук Грачья Гарегиновичу Оганнесяну за всестороннюю помощь при подготовке диссертации, заведующей отдела геохимии окружающей среды Экоцентра НАН РА, кандидату географических наук Лилит Варужановне Саакян, а также всем сотрудникам Центра эколого-ноосферных исследований НАН РА за содействие и поддержку при выполнении исследований.

ГЛАВА 1. КРАТКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ГОРНОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА АГРОБИОЦЕНОЗЫ

1.1. Современная проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами в свете теории о ноосфере

1.2. Загрязнение агробиоценозов тяжёлыми металлами под влиянием горнорудной промышленности и способы биотехнологической реабилитации

1.3. Влияние горнорудной промышленности Армении на агробиоценозы

В данном разделе рассматривается проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами в свете теории о ноосфере и устойчивом человеческом развитии, дана характеристика некоторых понятий в сфере геоэкологии и агроэкологии. Проанализировано состояние исследований проблемы загрязнения агробиоценозов под влиянием горнорудной промышленности в мире и Армении, и международный опыт разработки биотехнологических методов ремедиации загрязненных почв на базе эколого-геохимических исследований.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Объект исследований

Объектом настоящего исследования являются агробиоценозы, расположенные в городах Каджаран, Капан и Алаверди и на территориях прилегающих сел.

Указанные города имеют ряд отличительных черт: горнорудные центры с добычной базой, перерабатывающими предприятиями и окружающими агробиоценозами расположены в пределах природных биогеохимических провинций (*Ковальский В.В., 1974 Сагателян А.К., 2004*), в долинах горных рек Вохчи (гг. Каджаран и Капан) и Дебет (г. Алаверди). Речные долины интенсивно освоены в сельскохозяйственном отношении (*Сагателян А.К., Саакян Л.В., Беляева О.А., Микаелян М.Г., 2010*). Для данных регионов в целом характерно наложение техногенных аномалий на природные биогеохимические аномалии химических элементов в компонентах окружающей среды (*Сагателян А.К., 2004*).

2.2. Материалы и методы исследований

Для данной работы использовались материалы исследований, проведенных в гг. Каджаран, Капан и Алаверди, Центром эколого-ноосферных исследований НАН РА с непосредственным участием автора. Исследовательские работы охватывают период с 2005 по 2011 гг.

Для характеристики влияния горнорудной промышленности на агробиоценозы исследовались ирригационные воды, почвы сельскохозяйственных угодий, кормовые травы и получаемая на месте сельхозпродукция растительного и животного происхождения. В общей сложности было отобрано 208 проб, выполнено 1782 элемент-определений.

© National Library of Armenia

Пробы ирригационных вод, почв сельскохозяйственных угодий, кормовых трав и сельхозпродукции растительного и животного происхождения отбирались согласно международным стандартам ISO (*Фомин Г.С., 2000; Фомин Г.С., Фомин А.Г., 2001; Commission Regulation No 333/2007*). Географические координаты пунктов пробоотбора фиксировались GPS.

Отобранные образцы подготавливались к анализу и анализировались атомно-абсорбционным (PerkinElmer AAnalist 800) и спектрально-эмиссионным (СТЭ-1, ДФС-13) количественным методами анализа, согласно международным стандартам ISO (*Фомин Г.С., 2000; Фомин Г.С., Фомин А.Г., 2001*).

На основе полученного фактического материала формировались пространственно-ориентировочные базы данных содержания химических элементов в почве, водах и сельхозпродукции.

Содержания тяжёлых металлов в водах, почвах, кормовых травах и сельхозпродукции сравнивались с соответствующими предельно допустимыми концентрациями (ПДК), установленными в Армении (*ՀՀ Առողջապահության նախարարի հրամանները № 876, № 01-Ն, № 181; ՀՀ Կառավարության որոշում № 92-Ն*), однако, для некоторых сред ПДК в РА не разработаны, поэтому с целью санитарно-гигиенической оценки используются значения ПДК, разработанные и принятые ранее в разных странах (*Предельно допустимые…, 1982; Commission Regulation (EC) No 1881/2006; Dueck T.A. et al., 1984; FAO Irrigation and drainage paper 29*).

Для характеристики уровней накопления элементов в почве используется ряд показателей: коэффициент концентрации (K_c) – отношение фактической концентрации *i*-го элемента в почве (C_i) к геохимическому фону ($C_ф$): $K_c = C_i / C_ф$. На основе коэффициента концентрации рассчитывается суммарный показатель концентрации (СПК; Z_c) – сумма нормированных по фону концентраций элементов в почве: $Z_c = \sum_{i=1}^{n} K_c - (n-1)$. Для характеристики уровня загрязнения почв, исходя из значения Z_c, применяется оценочная шкала, предложенная Н.С. Касимовым (*Перельман А.И., Касимов Н.С., 1999*). Построены геохимические и санитарно-гигиенические ряды тяжёлых металлов, ранжированные по превышениям фактических концентраций над фоном и ПДК соответственно.

Уровни накопления тяжёлых металлов в растениях характеризует коэффициент биологического накопления (A_x): отношение фактической концентрации элемента *X* в тканях растения (l_x) к его концентрации в почве (n_x): $A_x = l_x / n_x$ (*Walker C.H., Hopkin S.P., Sibly R.M., Peakall D.B., 2006*). Интенсивность накопления тяжелых металлов в отдельных культурах отражена в убывающих рядах накопления, ранжированных по значению A_x. Аддитивная сумма A_x – суммарная интенсивность ряда накопления, количественно характеризует аккумулирующую способность данной сельскохозяйственной культуры.Глава 3. Влияние горнорудных комплексов Армении на агробиоценозы

3.1. Воздействие каджаранского горнорудного комплекса на агробиоценозы г. Каджаран и прилегающих территорий

Исследовано влияние следующих объектов: карьер Каджаранского месторождения; перерабатывающее предприятие – Зангезурский медно-молибденовый комбинат (ЗММК) и отходов производства, сосредоточенных в трёх законсерви-

© National Library of Armenia

рованных – Даразами, Пхрут и Вохчи, и действующем Арцваникском хвостохранилищах.

Исследованные агробиоценозы приурочены к территории г. Каджаран, к территориям законсервированных хвостохранилищ Даразами, Пхрут и Вохчи. Удаленные от г. Каджарана агробиоценозы, испытывающие воздействие отходов производства ЗММК, расположены в сельской общине Сюник, близ г. Капан, и пространственно сопряжены с действующим хвостохранилищем Арцваник.

С целью оценки влияния горнорудного комплекса г. Каджаран на агробиоценозы были исследованы почвы, ирригационные воды, а также получаемая сельскохозяйственная продукция растительного и животного происхождения, получаемых непосредственно в г. Каджаране, прилегающих территориях и сельской общине Сюник.

3.1.1. Оценка влияния каджаранского горнорудного комплекса на ирригационные воды

3.1.1.1. Ирригационные воды г. Каджаран и прилегающих территорий.

Для ирригации агробиоценозов, расположенных в черте г. Каджаран, используются как природные поверхностные водотоки: р. Вохчи и ее притоки, так и воды промышленных водотоков: водоотводов карьера Каджаранского месторождения и хвостохранилища Даразами. Индустриальные воды непосредственно используются для орошения приусадебных участков правобережья.

Интенсивность геохимических аномалий как индустриальных, так и природных вод чрезвычайно высока, приоритетными элементом является Mo, вклад которого в суммарную интенсивность аномалий составляет 97,7-99,6 %. Превышения над фоном зафиксированы также для Ag, As и Hg.

В ирригационных водах зафиксированы незначительные превышения содержаний Mo над ПДК РА – в 1,2-1,3 раза. Содержания Hg превышают ПДК РА в индустриальных водах в 4,9-10,2 раза. Эти воды непригодны для ирригации

3.1.1.2. Ирригационные воды сельской общины Сюник

Для ирригации агробиоценозов сельской общины Сюник используются воды естественных водотока р. Арцваник, к которым примешиваются рудничные воды и сток хвостохранилища Арцваник.

Содержания As, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Pb, Cu, Zn в водах, используемых для ирригации агробиоценозов сельской общины Сюник не превышают ПДК РА. Однако в водах стока Арцваникского хвостохранилища зафиксирована высокая концентрация элемента I класса опасности Hg, ПДК в 6,62 раза.

3.1.2. Оценка загрязнённости почв приусадебных участков г. Каджаран тяжелыми металлами

В черте г. Каджаран расположены многочисленные приусадебные участки. Получаемая здесь сельхозпродукция, как правило, потребляется самим производителем.

В почвах агробиоценозов (пункты К-9, 12, 15, 19, 30) зафиксированы превышения концентраций Cu, Co, Cr и Mo над геохимическим фоном, однако интенсивность геохимических аномалий невысока; уровень загрязнения почв

© National Library of Armenia

низкий: $Z_c < 16$. Большую долю (50,4-100 %) в суммарной интенсивности имеет сумма долей Mo и Cu – характерных элементов для рассматриваемой биогеохимической провинции.

Содержания токсичных элементов Hg, Cd и As исследовались лишь в пункте К-15. Содержания Hg и Cd не превышают ПДК, однако концентрация As в почве значительно, в 3,7 раза превышает норму (рис. 1).

Среди элементов II класса опасности превышения над ПДК зафиксированы для Cu, Mo и Cr. Концентрации Cu превышают ПДК во всех исследованных почвах в 1,8-4,2 раза. Для Mo превышения над ПДК регистрируются в трех пунктах; в 1,8-2,4 раза. Концентрация Cr незначительно превышает ПДК в пункте К-19 – в 1,1 раза (рис. 1).

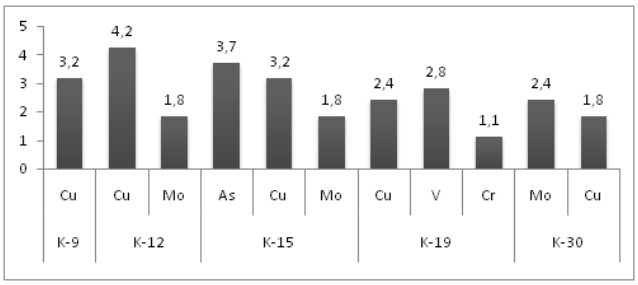

Рис. 1. Превышения содержаний тяжелых металлов в почвах над ПДК

3.1.3. Санитарно-гигеническая оценка сельхозпродукции, полученной в черте г. Каджаран

Исследованы 6 основных видов сельскохозяйственной продукции растительного происхождения, полученной в черте г. Каджаран. Максимальные превышения над ПДК зафиксированы для Mo – в 3,2 до 82,2 раза. Концентрации Cr в 3,2-46,9 раза превышают значение норматива. Превышения содержаний Ni над ПДК колеблются в пределах двух порядков: в 1,7-18,8 раза. Для Cu зафиксированы превышения над ПДК в 1,7-6,0 раза. Концентрации Pb в сельхозпродукции сравнивались как с ПДК, принятыми в РА, так и с рекомендуемыми уровнями ЕС, что объясняется тем, что нормативы для различных видов сельхозпродукции, принятые в ЕС, в 2-4 раза ниже ПДК РА. Максимальное превышение над ПДК зафиксированы для тыквы и укропа.

Концентрации токсичных элементов Hg, Cd и As в сельхозпродукции определялись избирательно, в самых распространенных культурах: укроп, морковь, картофель (рис. 2).

Для большинства культур ряды подобны и основной вклад в интенсивность суммарного накопления тяжелых металлов вносит Mo. Из этой закономерности выпадают укроп и тыква, для которых в санитарно-гигиеническом ряду тяжелых металлов первое место занимает Cr.

Высокие значения интенсивности санитарно-гигиенических рядов зафиксированы для укропа, фасоли и картофеля. Минимальное значение интенсивности зарегистрировано для моркови и крыжовника.

© National Library of Armenia

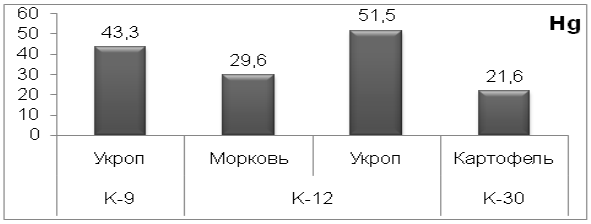

Рис. 2. Превышения концентраций Hg над ПДК в сельхозпродукции г. Каджаран

Таким образом, последствием миграции тяжелых металлов в системе “вода-почва – растение” происходит их аккумуляция в съедобных частях сельхозкультур. Значительные превышения над ПДК зафиксированы для Cu, Ni, Cr, Mo, Pb и Hg; сельхозпродукция растительного происхождения, поучаемая в черте г. Каджаран, не соответствует нормам безопасности пищевых продуктов. Риски для здоровья населения связаны как с доминирующими в данной биогеохимической провинции элементами Mo и Cu, так и с металлами-примесями в руде месторождения: Hg, Pb, Zn, Cr, Ni.

3.1.4. Эколго-геохимическая и санитарно-гигиеническая оценка почв агробиоценозов на территории хвостохранилищ ЗММК

Исследованы агробиоценозы, находящиеся на территории законсервированных хвостохранилищ ЗММК – Даразами, Пхрут и Вохчи. Местное население использует данные территории в качестве приусадебных участков и пастбищ. Получаемая сельхозпродукция, потребляется самим производителем и выносится на местный рынок (*Սաղաթելյան Ա.Կ., Գևորգյան Կ.Շ., Արևշատյան Ա.Հ., Սահակյան Լ.Վ., 2008*).

Рекультивационный слой почвы на всех хвостохранилищах сильно эродирован, вследствие чего металлы, содержащиеся в материале хвостов, активно мигрируют и загрязняют компоненты окружающей среды.

Превышения концентраций тяжелых металлов в рекультивационном слое хвостохранилищ над ПДК зафиксированы для трех элементов II класса опасности: Cu, Mo и Cr. Превышения над ПДК колеблются в пределах: 1,1-4,7 раза. Из элементов I класса опасности превышения над ПДК зафиксированы для As: в 14,8-48 раза и Hg над ПДК также значительны: в 3,5-4,8 раза (рис. 3). Концентрации Cd не превышают ПДК для почв.

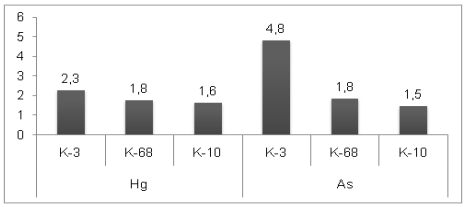

Рис. 3. Превышения концентраций токсичных элементов: As и Hg в почвах хвостохранилищ ЗММК над ПДК

© National Library of Armenia

Таким образом, почвы территории хвостохранилищ ЗММК обогащены рядом элементов; интенсивность геохимических аномалий невелика. Однако сверхнормативные содержания элементов I класса опасности Hg и As делают их опасными для вовлечения в сельскохозяйственную деятельность.

3.1.5. Санитарно-гигиеническя оценка сельхозпродукции, полученной на территории хвостохранилищ ЗММК

Исследовались 7 наиболее распространенных сельскохозяйственных культур, выращиваемых на территории хвостохранилищ ЗММК, 8 видов кормовых трав а также молоко коров, пасущихся на территориях законсервированных хвостохранилищ ЗММК.

Значительные превышения фактических содержаний в сельхозпродукции зафиксированы для всех исследованных металлов, в том числе Cu в 1,5-12,1; Mo в 3,3-97,1; Ni в 1,4-9,6; Cr в 1,5-31,1; Pb в 1,1-4,3 раза. Концентрации токсичных элементов Hg, As и Cd в сельхозпродукции, полученной на территориях хвостохранилищ ЗККМ исследовалось избирательно в фасоли и картофеле. Зафиксированы значительные превышения содержаний Hg над ПДК: до 31,3 раза.

Максимальные величины суммарной интенсивности санитарно-гигиенических рядов зафиксированы для фасоли и наземной массы укропа.

Исследовались содержания тяжелых металлов в отдельных видах трав и травосмесей, поедаемых крупным рогатым скотом. На Даразами замеры содержаний тяжелых металлов в клевере выявили наличие высоких концентраций Mo, Cr и Ni, которые соответственно в 131, 22 и 6,3 раза выше ПДК. Кроме того установлены высокие содержания Hg, превышающие ПДК в 28,8 раза.

В травосмесях и отдельных видах трав на хвостохранилище Вохчи установлены высокие содержания Mo, особенно в ледвянце в 137 раз выше ПДК. Превышения содержаний Ni, Cr также значительны: в 1,6-114,3 раза. В зверобое на территории хвостохранилища Вохчи зафиксирован Hg, содержание которого в 9,6 раз выше ПДК.

В травах на хвостохранилище Пхрут также обнаружены высокие концентрации Mo, Ni, Cr, значительно превышающие ПДК (до 33,6 раза). Содержания Cu в травах в пределах нормы либо незначительно превышают ПДК.

Содержания токсичных элементов As и Cd в кормовых травах на территории хвостохранилищ ЗММК не превышают ПДК.

В молоке коров, пасущихся на пастбищах территорий законсервированных хвостохранилищ ЗММК зафиксированы превышения над ПДК для трех токсичных элементов: As, Pb и Hg. Содержания Pb в образцах молока превышают ПДК в 1,9 раза. Единичное превышение над ПДК – в 1,6 раза, зафиксировано для As. В молоке 4 коров зафиксированы превышения содержаний Hg над ПДК РА в 1,4-1,95 раза (рис. 4).

Таким образом, сельхозпродукция как растительного, так и животного происхождения, получаемая на агробиоценозах территории хвостохранилищ ЗММК, содержит ряд тяжелых металлов, для большинства элементов зафиксированы значительные превышения над ПДК. В основных видах кормовых трав на территориях пастбищ хвостохранилищ ЗММК обнаружены высокие концентрации тяжелых металлов, в том числе и Hg. Вследствие миграции тяжелых металлов в пищевых цепях они переходят в сельхозпродукцию животного происхождения –

© National Library of Armenia

молоко. Концентрации трех токсичных элементов: Pb, As и Hg в нескольких образцах молока значительно превышают нормы. Полученные данные позволяют рекомендовать запретить сельскохозяйственную деятельность на территории законсервированных хвостохранилищ ЗММК.

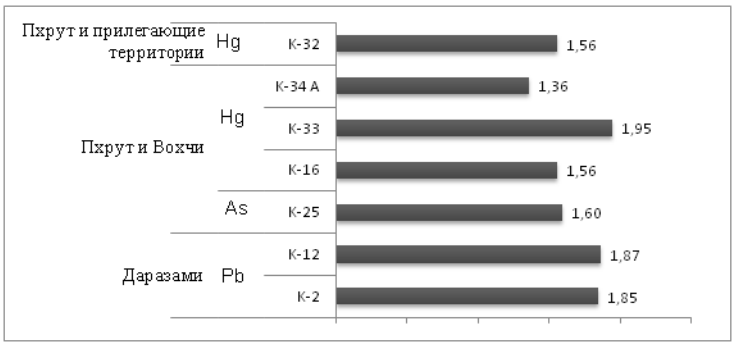

Рис. 4. Превышения содержаний тяжелых металлов в молоке коров, пасущихся на пастбищах хвостохранилищ ЗММК и прилегающих территориях

3.1.6. Эколого-геохимическая и санитарно-гигиеническая оценка почв агробиоценозов сельской общины Сюник

Сельскохозяйственные угодья сельской общины Сюник – единственные обширные земли данного региона, снабжающие сельхозпродукцией население гг. Капан, Каджаран и прилегающих сел (около 60 тыс. человек). С целью оценки влияния хвостохранилища Арцваник на данные агробиоценозы в сельской общины Сюник исследовались пять фермерских хозяйств, локализованных в долине притока р. Вохчи – р. Арцваник.

В геохимическом ряду почв: $Cu_{(4,8)} – Mo_{(2,3)} – Ni_{(1,4)} – Cr_{(1,2)} – Pb,Zn_{(1,0)}$, доминируют Cu и Mo; Ni и Cr занимают последующие места. Концентрации элементов I класса опасности Pb и Zn в этих почвах незначительно повышены по отношению к геохимическому фону почв; эти элементы замыкают геохимический ряд. Значение СПК почв сельскохозяйственных угодий сельской общины Сюник соответствует низкому уровню загрязнения ($Z_c < 16$).

Санитарно-гигиенический ряд почв сельскохозяйственных угодий общины сельской общины Сюник составляют четыре элемента: $Cu_{(4,5)} – Ni_{(1,5)} – Pb,Zn_{(1,1)}$. Санитарно-гигиенический ряд возглавляет Cu с превышением над ПДК в 4,5 раза. Аналогичный показатель для остальных элементов значительно ниже. Санитарно-гигиенический ряд характеризуется низкой интенсивностью. Концентрации токсичных элементов As, Cd не превышают установленных в РА нормативов; Hg в данных почвах не обнаружена.

3.1.7. Санитарно-гигиеническая оценка сельхозпродукции, полученной в сельской общине Сюник

В пяти фермерских хозяйствах сельской общины Сюник исследованы 20 видов культур: овощи, фрукты, пряные травы, масленичные и зерновые культуры.

© National Library of Armenia

Концентрации Cr во всей исследованной сельхозпродукции значительно превышают ПДК; превышения колеблются в широких пределах: в 2-91,0 раза. Концентрации Ni в практически во всех видах сельхозкультур превышают ПДК 1-9,6 раза. Содержания Cu в сельхозпродукции, в основном невелики: на уровне ПДК либо незначительно ее превышают (в 1-4 раза). Для Mo и Zn зафиксированы небольшие превышения над ПДК в 1,2-4,5 раза

Из ряда токсичных элементов в сельхозпродукции, получаемой в сельской общине Сюник обнаружены Hg, As и Cd, однако превышающие ПДК концентрации зафиксированы только для Hg (рис. 5). Высокими концентрациями Hg выделяются корнеплоды свеклы, плоды кабачка и зеленая масса базилика.

Высокой суммарной интенсивностью санитарно-гигиенических рядов выделяются кукуруза, фасоль, свекла и пряные травы: базилик, укроп.

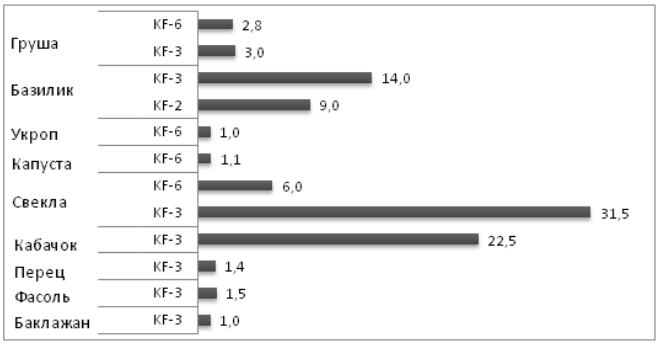

Рис. 5. Превышения содержаний Hg в сельхозпродукции сельской общины Сюник над ПДК

Таким образом, сельхозпродукция сельской общины Сюник, получаемая в сфере влияния хвостохранилища Арцваник загрязнена целым рядом тяжелых металлов. Превышения содержаний тяжелых металлов над ПДК зафиксированы как для Cr, Ni, Cu, Mo, Zn, Hg, Cd, Pb.

3.1.8. Санитарно-гигиеническая оценка меда, полученного в с. Норашеник

Исследован один образец меда, полученного на пасеке, расположенной в с. Норашеник. Примечательно, что согласно результатам исследования качества меда, получаемого на территории РА и НКР (*Беляева О.А., Сагателян А.К., Саакян Л.В., 2011*), мед, полученный в с. Норашеник характеризуется повышенными концентрациями Cu – характерного элемента для данной биогеохимической провинции. Содержание Hg в меде на порядок превышает среднее содержание Hg по Армении; содержания остальных металлов в меде существенно не отличаются от средних по РА значений.

Таким образом, деятельность Каджаранского горнорудного комплекса приводит к загрязнению тяжелыми металлами всех компонентов агробиоценозов. Тяжелые металлы вовлекаются в биологический круговорот и как следствие, накапливаются в сельскохозяйственной продукции. Риск для здоровья потребителя связан с акцессорными элементами: Ni, Cr, Pb, As и Hg,

© National Library of Armenia

3.2. Воздейсвие Капанского горнорудного комплекса на агробиоценозы г. Капан и прилегающих территорий

Горнорудный центр г. Капан является одним из крупнейших в Армении. Капанский горно-обогатительный комбинат является градообразующим предприятием. Разработка Кафанского месторождения начата в 1846 г. и непрерывно продолжается поныне. Значительная часть города расположена непосредственно на территории месторождения. Помимо действующих объектов добычи и переработки руды, источником тяжелых металлов в данном регионе являются неорганизованные свалки отходов производства. Для данного региона в целом характерно интенсивное сельскохозяйственное освоение каньонов притоков основной водной артерии региона – р. Вохчи.

3.2.1. Санитарно-гигиеническая оценка ирригационных вод агробиоценозов г. Капан и прилегающих территорий

Для ирригации агробиоценозов г. Капан и прилегающих территорий используются как воды р. Вохчи, так и ее многочисленных притоков рр. Каварт, Барабатум, Сюник, Норашеник. Помимо природных поверхностных водотоков в ирригационную сеть впадают рудничные воды из штолен и воды ряда промышленных водотоков.

В водах р. Вохчи и ее притоков содержания тяжелых металлов находятся в пределах нормы и не превышают ПДК РА. Исключением является воды р. Каварт, в водах которой зафиксированы превышения над ПДК сразу для трех элементов: Cu, Zn и Cd, соответственно в 1,7, 2,8 и 5,5 раза.

В рудничных водах штолен и промышленных водотоков превышения над ПДК РА зафиксированы для четырёх элементов: Cu – в 3,8-20,2, Zn в 1,4-2,2; Cd 8,8-16,3.

3.2.2. Эколого-геохимическая и санитарно-гигиеническая оценка состояния почв агробиоценозов г. Капан и прилегающих территорий

Исследованы почвы приусадебного участка в ущелье р. Барабатум (с. Барабатум) и фермерского хозяйства в долине р. Норашеник.

Почвы орошаемых агробиоценозов обогащены рядом элементов, однако интенсивность геохимических аномалий невысокая, значения СПК соответствуют допустимому уровню загрязнения ($Z_c < 16$). Приоритетными загрязнителями являются Ni и Cr.

Превышения над ПДК зафиксированы для пяти элементов, в том числе металлов I (Pb, Zn) и II (Cr, Cu, Mo) классов опасности. Санитарно-гигиенические ряды почв имеет следующий вид: с. Барабатум: $Ni_{(3,8)}$-$Pb_{(2,3)}$-$Cr_{(1,6)}$; фермерское хозяйство в долине р. Норашеник: $Ni_{(4,4)}$-$Cr_{(2,2)}$-$Cu_{(1,9)}$-$Pb_{(1,1)}$.

3.2.3. Санитарно-гигиеническая оценка сельхозпродукции, полученной в г. Капан и прилегающих территориях

В ущелье р. Барабатум исследованы два вида овощей: баклажан, фасоль, и один вид пряной зелени – базилик. Во всех культурах зафиксированы сверхнормативные содержания Cu: в 1,2-1,6; Cr: в 2,5-9,5; Ni: в 1,6-5,4 и Pb: в 1,0-3,8 раза.

© National Library of Armenia

Высокая интенсивность загрязнения сельхозпродукции тяжелыми металлами (Cr, Ni, Pb, Cu) объясняется тем, что в ущелье р. Барабатум разбросаны отвалы штолен, и территории агробиоценозов непосредственно примыкают к ним.

В частном фермерском хозяйстве, расположенном в ущелье р. Норашеник, исследованы 14 видов сельхозкультур, в том числе овощебахчевые, масленичные и зерновые культуры. Превышения над ПДК зафиксированы для Cr – 2-20 раза; Ni – в 1,0-12,0 Pb – в 1,6-5,4; Cu – в 1,2-4,4 раза. Концентрации Mo, Zn и Cd невысоки и в большинстве случаев не превышают ПДК; зафиксированные превышения над соответствующими нормативами довольно низкие.

Значения суммарной интенсивности санитарно-гигиенических рядов сельхозпродукции колеблются в широких пределах: от 5,0 до 45,2; высокие значения фиксируются для подсолнечника, кукурузы, фасоли.

Таким образом, непригодные для ирригации промышленные водотоки, беспрепятственно примешиваясь к ирригационной сети, становясь фактором загрязнения компонентов агробиоценозов. Длительное использование загрязненных ирригационных вод приводит к накоплению тяжелых металлов в пахотном слое почв. Наряду с ирригационными водами, мощным источником тяжелых металлов являются бесконтрольные отвалы и отходы производства, нередко примыкающие к сельскохозяйственным угодьям. В почвах сельхозугодий зафиксированы сверхнормативные содержания элементов I (Pb, Zn) и II (Cr, Ni, Cu) классов опасности. Уровень полиэлементного загрязнения почв исследованных сельхозугодий оценивается как низкий. Практически вся сельхозпродукция растительного происхождения, получаемая в регионе, не соответствует нормам безопасности, предъявляемым к пищевым продуктам. Превышения над ПДК зафиксированы как для главного рудного элемента Cu, так и для элементов-примесей – Cr, Ni, Mo, Zn, и в частности для токсичных металлов – As, Cd, Pb. Таким образом, максимальные риски для здоровья потребителя связанны не с основным промышленным металлом – Cu, а с элементами-примесями Cd, Pb, Cr и Ni. Содержания этих элементов в руде не имеют практического значения, однако вследствие техногенных процессов они мобилизуются в окружающей среде, накапливаются в съедобных органах сельскохозяйственных культур, попадая в пищевые цепи.

3.3. Влияние горнорудного комплекса г. Алаверди на агробиоценозы

Город Алаверди расположен в каньоне р. Дебет, в пределах Алавердского рудного района. Алавердский медеплавильный, комбинат является градообразующими предприятием. В 1989 г. Алавердский комбинат был закрыт по экологическим причинам и возобновил работу только в 1997 г. силами частной металлургической компании.

Как сам г. Алаверди с горнорудным комплексом, так и прилегающие села расположены в пределах природной биогеохимической провинции, обогащенной Cu, Zn и Pb. Многолетняя деятельность горнорудных комплексов привела к наложению техногенных геохимических аномалий на природные, вследствие чего изменился качественный состав загрязнителей и интенсивность аномалий.

Долина р. Дебед интенсивно освоена в сельскохозяйственном отношении. В регионе широко распространены мелкие приусадебные участки, сельхозпродукция которых является основной пищей местного населения. С целью оценки риска загрязнения сельхозпродукции, выращиваемой на территориях под

© National Library of Armenia

влиянием горнорудного комплекса г. Алаверди были исследованы компоненты агробиоценозов, расположенных в г. Алаверди и прилегающих селах: Негоц и Каркоп, а также сельхозпродукция местного производства, попадающая на рынок г. Алаверди.

3.3.1. Оценка качества вод реки Дебет, используемых для ирригации агробиоценозов г. Алаверди и прилегающих сел

Источником ирригационной воды для приусадебных мелких хозяйств в регионе исследований служат воды р. Дебед. Отобрано и анализировано 4 пробы ирригационных вод.

Проведенные исследования показали, что воды р. Дебед в период исследования не содержали сверхнормативных концентраций тяжелых металлов в растворенной фазе. Принимая во внимание бесконтрольные, несистематические стоки промышленных вод, исследования и мониторинг качества ирригационных вод должны быть постоянны и непрерывны.

3.3.2. Санитарно-гигиеническая оценка почв приусадебных участков г. Алаверди и прилегающих сел

Почвенные пробы отобраны с приусадебных участков, расположенных на территории города Алаверди, недалеко от медеплавильного комбината, сел Негоц и Каркоп.

Hg обнаружена только в почве г. Алаверди; концентрация Hg не превышает ПДК. Cd и Ni обнаружены во всех почвенных пробах, однако их концентрации не превышают соответствующие ПДК. Содержания As в почвах агробиоценозов значительно превышают ПДК – в 1,9-5,3 раза.

Pb также был обнаружен в почвах всех исследованных агробиоценозов, однако превышение над ПДК в 1,2 раза зафиксировано только для почв приусадебного участка, расположенного в г. Алаверди. Значения превышений концентраций Zn над ПДК близки: в 1,3-1,9 раза.

Концентрации Cu превышают ПДК во всех почвенных пробах, причем максимальное превышение – в 19,3 раза, зафиксировано в почве приусадебного участка в г. Алаверди.

Минимальная интенсивность санитарно-гигиенических рядов зафиксирована в с. Каркоп; максимальная – в почвах агробиоценоза г. Алаверди

3.3.3. Санитарно-гигиеническая оценка сельхозпродукции, получаемой в г. Алаверди и прилегающих селах

Исследованы 13 видов растительной сельхозпродукции, получаемой в г. Алаверди и прилегающих селах; также на рынке г. Алаверди проведена закупка местной сельхозпродукции.

Практически во всех видах сельхозпродукции зафиксированы сверхнормативные концентрации тяжелых металлов. Из токсичных элементов зафиксированы значительные превышения над ПДК для Hg: в 2,6-11,6; Cd: в 1,5-131,9; As: в 1,7-24,9; Pb: в 1,2-2,1 раза. Превышения содержаний микроэлементов Zn, и Ni также значительны: в 1,2-6,8 и 1,4-36,8 раза соответственно. Превышения над ПДК, зафиксированные для Cu (в 1,2-2,4 раза) довольно низкие.

© National Library of Armenia

Высокие значения интенсивности санитарно-гигиенических рядов зафиксированы для малины, пряных трав (сельдерей, кориандр), кукурузы и фасоли (рис. 6).

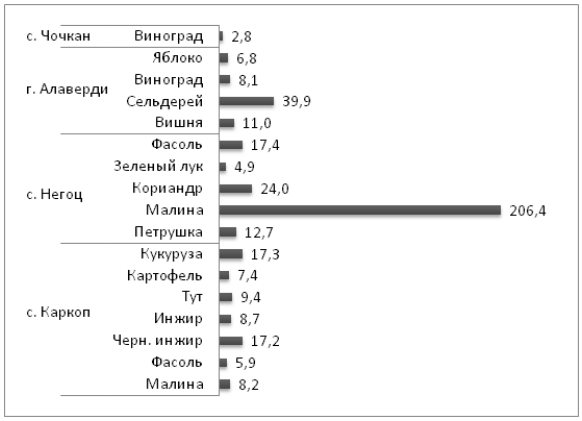

Рис. 6. Суммарная интенсивность санитарно-гигиенических рядов сельхозпродукции, полученной в г. Алаверди и прилегающих селах.

3.3.4. Санитарно-гигиеническая оценка меда, полученного в г. Алаверди

Исследованы 7 образцов меда, полученного в г. Алаверди. Сравнение полученных данных с установленными в РА нормами не выявило превышений содержаний тяжелых металлов над ПДК. Pb был обнаружен в 1 образце меда, на уровне ПДК. Согласно результатам пилотного исследования качества меда, получаемого в РА и НКР (*Беляева О.А., Сагателян А.К., Саакян Л.В., 2011*), мед из г. Алаверди характеризуется повышенными содержаниями Cu и Zn – характерных элементов для данной биогеохимической провинции. Тем не менее, значительные содержания тяжелых металлов в меде свидетельствует о наличии потенциального риска в данной пищевой цепи.

Обобщая, следует отметить, что влиянием горнопромышленного комплекса в г. Алаверди, происходит загрязнение компонентов агробиоценозов тяжелыми металлами. В конечной сельскохозяйственной продукции наиболее интенсивно аккумулируются токсичные элементы: Cd и Hg, а также Ni, что является фактором риска для здоровья потребителя.

ГЛАВА 4. ПОДХОДЫ К БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ВОССТАНОВЛЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО МИНИМИЗАЦИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОРУДНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ПРИЛЕГАЮЩИЕ АГРОБИОЦЕНОЗЫ

4.1. Подходы к биотехнологическому восстановлению загрязненных почв

В рамках данной работы с целью оценки интенсивности накопления тяжелых металлов в сельскохозяйственных растениях, выращиваемых на агробиоценозах под влиянием горнорудной промышленности РА, рассчитаны значения

© National Library of Armenia

коэффициента биологического поглощения (A_x). Также построены ряды накопления тяжелых металлов в растениях, ранжированные по значению A_x.

Расчет интенсивности накопления тяжелых металлов позволяет с одной стороны рекомендовать растения не накапливающие тяжелые металлы и тем самым безопасные для получения сельхозпродукции; с другой стороны рекомендовать культуры интенсивно аккумулирующие тяжелые металлы, для использования в целях биотехнологической очистки загрязненных почв.

Согласно полученным результатам, наиболее подходящие для культивации в условиях загрязнения плодовые деревья: яблоня, айва, слива, алыча, кизил, терн, так как эти культуры отличаются низкой суммарной интенсивностью накопления. Целесообразно также выращивание моркови, чеснока и лука репчатого, исключая использование зеленой массы. Культивация овощей – томата, огурца, баклажана, возможна лишь после проведения комплексных мероприятий по реабилитации загрязненных почв.

Анализ рядов накопления тяжелых металлов в растениях, выращиваемых в пределах агробиоценозов под влиянием горнорудных комплексов позволил рекомендовать перечень сельскохозяйственных культур, подходящих для использования в целях биотехнологической очистки почв.

Для этих целей наиболее подходят свекла, фасоль, клевер, подсолнечник и кукуруза. Эти культуры толерантны к полиэлементному загрязнению почв и способны накапливать одновременно несколько тяжелых металлов, в том числе токсичных Hg, Pb, As; обладают большой наземной, пожинаемой биомассой, что позволяет удалять большее количество доступных для растений форм тяжелых металлов; корневая система этих растений распространяется в верхнем, наиболее загрязненном слое почв. Кроме того, культивация бобовых (фасоль, клевер) способствует обогащению почвы азотом, что часто используется для повышения плодородия сельскохозяйственных угодий. Использование в фиторемедиации свеклы ограничено ввиду сложности уборки подземной фитомассы, накапливающей тяжелые металлы, однако высокая аккумулятивная способность позволяет рекомендовать ее в качестве фитоагента биоремедиации.

Ввиду привлекательности указанных культур для домашних животных, поэтому следует ограничить доступ на территории, где проводится фиторемедиация. После вегетационного периода пожинаемую биомассу растений возможно захоронить на территории законсервированных и действующих хвостохранилищ.

4.2. Мероприятия по минимизации воздействия горнорудных комплексов на прилегающие агробиоценозы

Для улучшения создавшейся экологической ситуации в аграрном секторе горнорудных регионов Армении необходимо внедрение и последовательное проведения ряда природоохранных мероприятий как превентивного характера, т.е. предотвращения загрязнения компонентов агробиоценозов, так и направленных на ликвидацию уже существующего загрязнения.

С целью предотвращения загрязнения агробиоценозов необходимо уменьшить антропогенную нагрузку на малые реки, впадающие в главные водные артерии исследуемых регионов: рр. Вохчи и Дебет. Воды этих рек целесообразно использовать в целях ирригации, так как в них содержания тяжелых металлов в растворенной фазе не превышают установленных норм. Для предотвращения

© National Library of Armenia

загрязнения вод естественных водотоков необходима постройка станций очистки вод гг. Каджаран, Капан и Алаверди. Предотвращению смешивания индустриальных вод с естественными водотоками может послужить сеть коллекторных каналов, собирающая и подводящая индустриальные воды к очистительным станциям. Целесообразна комплексная очистка вод с использованием сразу нескольких методов очистки (механическая очистка, окисление, фильтрация, коагуляция и пр.).

Важным аспектом является планирование территорий, с учетом интенсивности антропогенных геохимических аномалий и качественного состава загрязнителей. С этих позиций рекомендовано исключение из сельскохозяйственного оборота почв территорий законсервированных хвостохранилищ ЗММК и почв г. Алаверди. Территории приусадебных участков в черте гг. Каджаран, Капан, сельской общины Сюник, сс. Негоц, Каркоп возможно использовать после проведения комплекса мероприятий по реабилитации почв в сочетании с мерами по предотвращению загрязнения депонирующих сред агробиоценозов.

Ниже, на основе анализа литературы, автором предлагается ряд мер по ликвидации существующего загрязнения:

1. регулирование подвижности и трансформации загрязняющих веществ в почве;
2. биоремедиация;
3. перемещение и удаление загрязнений.

Иммобилизация тяжелых металлов в почве достигается известкованием; применением минеральных (фосфорных) и органических удобрений (навоз, птичий помет, торф и пр), цеолитов, как в чистом виде, так и совместно с навозом.

Биоремедиация – один из наиболее дешевых и целесообразных с экологической точки зрения способов биотехнологичесой очистки почв. Согласно ряду литературных источников при загрязнении тяжелыми металлами для фиторемедиации возможно использование, кукурузы, подсолнечника, бобовых культур (*Padmavathiamma P.K., Li L.Y.*, 2007, *Peer W.A. et al., 2005, Purakayastha T. J., Chhonkar P. K.*, 2010), целесообразность использования которых подтверждают также результаты данной работы, освященные в предыдущем разделе.

Наиболее легким способом очистки почв является перемешивание верхнего, загрязненного слоя, с более глубинными: вспашка на глубину 30-50 см в сочетании с внесением органических удобрений и извести. При чрезвычайно высоком уровне загрязнения используется удаление загрязненного слоя почвы с применением мощных плантажных плугов и переместителей почвенных горизонтов, а также специальной техники (скреперов, грейдеров, бульдозеров). Эти мероприятия сопровождаются с полной потерей плодородия почв и захоронением удаленного слоя, что делает данные приемы весьма дорогостоящими.

В качестве первого шага целесообразно исключить из ассортимента выращиваемых культур растения, аккумулирующие тяжелые металлы. После применения перечисленных агротехнических и мелиоративных мероприятий допустимо выращивание некоторых овощных культур, плодовых деревьев, многолетних трав, технических культур.

Инструментом для минимизации риска для здоровья потребителя является информирование населения, живущего в экологически неблагоприятных условиях.

© National Library of Armenia

Таким образом, результаты сопряженных эколого-геохимических и экотоксикологических исследований позволили не только качественно и количественно оценить экологическое состояние агробиоценозов горнорудных регионов Армении, но и рекомендовать ряд мероприятий, направленных на ликвидацию последствий загрязнения почв тяжелыми металлами и тем самым способствующие минимизации риска для здоровья населения.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования и анализ их результатов позволил вывести следующее:

1. В результате систематического использования загрязненных ирригационных вод, почвы агробиоценозов обогащаются тяжелыми металлами, содержания которых зачастую превышают ПДК.
2. Фактором загрязнения ирригационных вод являются примешивающиеся к естественным водотокам рудничные воды, истекающие из штолен и многочисленных горных выработок, а также загрязненные воды промышленных водотоков.
3. Особую опасность представляют хвостохранилища, которые являются мощным источником поступления тяжелых металлов в агроэкосистемы. Территории хвостохранилищ следует исключить из сельскохозяйственного оборота.
4. Тяжелые металлы содержатся в сельхозпродукции как растительного, так и животного происхождения в сверхнормативных концентрациях, вследствие чего попадают в пищевые цепи. Большая часть местной сельхозпродукции не соответствует нормам безопасности, предъявляемым к пищевым продуктам в РА и опасна для употребления в пищу.
5. Основные риски для здоровья населения связаны не только с основными промышленными металлами, но и с элементами-примесями, в том числе токсичными металлами I класса опасности: Pb, As, Cd и Hg.
6. Реабилитация агробиоценозов может быть обеспечена проведением комплексных мероприятий, направленных на предотвращение загрязнения поливочной воды и восстановление загрязненных почв.
7. Исходя из анализа данных, наиболее дешевым и сравнительно доступным способом реабилитации загрязненных земель является фиторемедиация почв с использованием растений, наиболее интенсивно концентрирующих тяжелые металлы: кукурузы, подсолнечника, бобовых (клевер, фасоль).
8. С целью минимизации риска для здоровья потребителя, на загрязненных тяжелыми металлами почвах из ассортимента выращиваемых культур целесообразно исключить растения-накопители тяжелых металлов – ягодные культуры (малина, инжир, тут), пряные травы, корнеплоды (свекла).
9. В ассортимент рекомендованных культур входят плодовые деревья и кустарники (яблоня, айва, кизил, терн, крыжовник), луковицы, исключая употребление зеленой массы (чеснок, лук).

© National Library of Armenia

Основные положения диссертации изложены в работах:

1. ***Беляева О.А.*** Апимониторинг загрязнения тяжелыми металлами наземных экосистем бассейна реки Дебет Мат. конференции «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон». 25-27 октября, Санкт-Петербург, 2006, с. 50-51
2. ***Беляева О.А.*** Изучение накопления тяжёлых металлов в системе «почва – растение – мёд» в г. Алаверди. Мат. межд. молодёжной научной конференции «Горные территории – экологические проблемы городов». Ереван 29-30 мая 2007г. Ер.: Изд-во Центра Эколого-ноосферных исследований НАН РА, 2007, с. 16-19
3. *Saghatelyan A., Sahakyan L.,* ***Belyaeva O.*** Environmental Impact of Mining on System Water-Soil-Crop. Proceedings of the First International Applied Geological Congress. 26-28 April 2010 Masshad, Iran, 2010, pp. 2209-2213
4. *Saghatelyan A., Sahakyan L.,* ***Belyaeva O.,*** *Mikayelyan M.* Heavy Metals Accumulation in System Soil – Farm Crops under the Impact of Mining Industry. Articles of the First Symposium on Medical Geology, 14-16 June 2010, Tehran, Iran, pp. 38-46
5. ***Беляева О.А.*** Тяжелые металлы в системе "ирригационные воды – почва – агрокультуры: под воздействием горнорудного производства. Материалы VII Международной научной конференции «Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений». Владикавказ, 14-16 сентября 2010, CD: file:///E:/cite/NAP2/Секция 4/Беляева.pdf
6. *Сагателян А.К., Саакян Л.В., Микаелян М.Г.,* ***Беляева О.А.*** Эколого-геохимический анализ рисков влияния горно-рудной промышленности на устойчивое развитие в Армении. Известия РАН, Серия Географическая, № 5, 2010, с. 87-93
7. ***Беляева О.А.****, Сагателян А.К., Саакян Л.В.* Исследования качества меда, произведенного в Армении и Нагорном Карабахе. Материалы V Международной научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания» 21-22 октября 2011 Челябинск, Россия. Том I, с. 54-58
8. *Сагателян А.К., Саакян Л.В.,* ***Беляева О.А****.* Воздействие горнорудной промышленности на качество сельхозпродукции, производимой в окрестностях г. Алаверди (Северная Армения). Материалы V Международной научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания» 21-22 октября 2011 Челябинск, Россия. Том I, с. 61-65
9. *Saghatelyan A.*, *Sahakyan L.* ***Belyaeva O.*** Polluted irrigation waters as a risk factor to human health. Abstract Book of the V International Conference-Symposium "Ecological Chemistry 2012" 2-3 March 2012, Chisinau, Moldova, p. 59
10. *Saghatelyan A., Sahakyan L.,* ***Belyaeva O.*** Polluted irrigation waters as a risk factor to public health. Chemistry Journal of Moldova. General, Industrial and Ecological Chemistry. 2012, 7 (2), 84-88
11. *Saghatelyan A., Sahakyan L.,* ***Belyaeva O.*** Elements - admixtures as an ecological risk factor induced by mining operations. Proceedings of the 34th International Geological Congress, 5-10 August, 2012 Brisbane, Australia, p. 581

© National Library of Armenia

12. ***Belyaeva O.A.*** Impact of mining enterprises of the city of Kapan on adjacent agroecosystems. Electronic Journal of Natural Sciences of NAS RA, 2(19), 2012, pp. 26-30
13. ***Беляева О.А.***, *Г.Г. Оганесян.* Изучение агробиоценозов горнорудных регионов Армении и биотехнологическое восстановление загрязненных почв. Ագրոգիտություն, №11-12, 2012 թ. էջ 709-714

ՕԼԳԱ ԱԼԵՔՍԱՆԴՐԻ ԲԵԼՅԱԵՎԱ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԼԵՌՆԱՀԱՆՔԱՅԻՆ ՇՐՋԱՆՆԵՐԻ ԱԳՐՈԿԵՆՍԱՅԵՆՈԶՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ ԵՎ ԱՂՏՈՏՎԱԾ ՀՈՂԵՐԻ ԿԵՆՍԱՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՈՒՄԸ

ԱՄՓՈՓԱԳԻՐ

Հանգուցային բառեր. *ծանր մետաղներ, տարր, ոռոգման ջուր, հողի աղտոտում, պոչամբար, գյուղմթերք, ռիսկ, բույս, հիպերկուտակիչ, ֆիտոռեմեդիացիա:*

Լեռնահանքային արդյունաբերությունը հանդիսանում է Հայաստանի Հանրապետության տնտեսության առաջատար ճյուղերից մեկը: Սոցիալ-տնտեսական բնույթի մի շարք խնդիրների լուծման հետ մեկտեղ այն ստեղծում է բնապահպանական բնույթի բազմաթիվ հիմնախնդիրներ, որոնք անմիջականորեն ազդում են նաև գյուղատնտեսական արտադրության վրա:

Մի շարք պատճառներով ՀՀ-ում գործնական նորմա է դարձել լեռնահանքային համալիրների աշխատանքն առանց մաքրող կայանների, հանքային և արդյունաբերական ջրերի անարգել մուտքը դեպի մակերևութային ջրահոսքեր, պոչամբարների բարձիթողիությունը և բնապահպանական նորմերի այլ խախտումներ: Հանքաքար արդյունահանող և վերամշակող ընկերությունների անպատասխանատվությունը նշանակալի կերպով պայմանավորված է ընդերքօգտագործման ոլորտում օրենսդրական դաշտի անկատարությամբ, ինչպես նաև էկոլոգիապես կարևոր որոշումների ընդունման ընացքում հավաստի տեղեկատվության բացակայությամբ:

Սույն աշխատանքի նպատակն է Քաջարան, Կապան և Ալավերդի քաղաքներում տեղակայվող ՀՀ խոշորագույն հանքալեռնային կենտրոնների ազդեցության որակական ու քանակական բնութագիրը՝ տարածականորեն դրանց կցված ագրոցենոզների վրա և աղտոտված հողերի կենսատեխնոլոգիական վերականգնման մոտեցումների առաջադրումը:

© National Library of Armenia

Նպատակին հասնելու համար որոշվել են ագրոկենսացենոզների ոռոգման ջրերի և հողերի ծանր մետաղներով աղտոտման մակարդակները, իրականացվել է ստացվող գյուղմթերքի սանիտարահիգիենիկ գնահատում, կատարվել է մշակաբույսերում ծանր մետաղների կուտակման ինտենսիվության գնահատում, առաջարկվել են ագրոկենսացնոզների բաղադրիչների աղտոտման և մարդու առողջության ռիսկի նվազեցմանն ուղղված միջոցառումներ, առաջադրվել է ֆիտոռեմեդիացիայի տեսանկյունից արդյունավետ մշակովի և վայրի բույսերի տեսականի:

Հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ աղտոտված ոռոգման ջրերի երկարատև օգտագործման արդյունքում ագրոկենսացենոզների հողերը հարստացվում են ծանր մետաղներով, որոնց պարունակությունները հաճախ գերազանցում են ՍԹԿ-ը: Ոռոգման ջրերի աղտոտման գործոն են հանդիսանում բազմաթիվ հանքուղիներից արտահոսող ջրերը, ինչպես նաև արդյունաբերական հոսքաջրերը:

Հատուկ վտանգ են ներկայացնում պոչամբարները, որոնք հանդիսանում են ծանր մետաղների հզոր աղբյուր: ՋՊՄԿ-ի պոչամբարների տարածքները անհրաժեշտ է հանել գյուղատնտեսական շրջանառությունից:

Ծանր մետաղները կուտակվում են ինչպես բուսական, այնպես էլ կենդանական ծագման գյուղմթերքում, ինչի հետևանքով մուտք են գործում սննդային շղթաներ: Ստացվող գյուղմթերքի մեծ մասը չի համապատասխանում սննդամթերքին ներկայացվող անվտանգության պահանջներին: Բնակչության առողջության հիմնական ռիսկերը կապված են ոչ թե հիմնական արդյունաբերական մետաղների, այլ խառնուրդ տարրերի, այդ թվում վտանգավորության I դասին պատկանող տարրերի՝ Pb, As, Cd և Hg հետ:

Ագրոկենսացենոզների վերականգնումը կարող է ապահովվել ոռոգման ջրերի և հողերի աղտոտտումը կանխող և աղտոտված հողերի մաքրման համալիր միջոցառումների կիրառմամբ: Ելնելով տվյալների վերլուծության արդյունքներից, աղտոտված հողերի վերականգնման առավել հասանելի մեթոդ է հանդիսանում ֆիտոռեմեդիացիան՝ ծանր մետաղներ կուտակող բույսերի. եգիպտացորենի, արևածաղկի, ընդավորների (երեքնուկ, լոբի) կիրառմամբ:

Բնակչության առողջության ռիսկի նվազեցման նպատակով աղտոտման պայմաններում աճեցվող բույսերի տեսականուց անհրաշեշտ է հանել ծանր մետաղներ ինտենիվորեն կուտակող բույսեր. հատապտղային մշակաբույսեր (ազնվամորի, թուզ, թութ), համեմական կանաչի, արմատապտուղներ (ճակնդեղ): Մշակմանը ցուցված տեսականու մեջ են

© National Library of Armenia

մտնում պտղատու ծառերը և թփերը (խնձորենի, մամխենի, կոկռոշենի, սերկևիլ, հոն), սոխուկները (սոխ, սխտոր)՝ բացառելով կանաչ զանգվածի օգտագործումը:

OLGA A. BELYAEVA

STUDYING AGROBIOCOENOSES OF MINING REGIONS OF ARMENIA AND BIOTECHNOLOGICAL RESTORATION OF POLLUTED SOILS

RESUME

Keywords: *heavy metals, element, irrigation water, soil pollution, tailing repository, farm products, risk, plant, hyperaccumulator, phytoremediation*

Mining industry is one of priority sectors of Armenia's economy, which besides solution of some problems related to social and economic development, brings forward numerous problems of nature protection character directly impacting the agricultural sector.

By a number of reasons, operation of plants lacking any cleanup facilities, mine water discharge into surface waters, abandoned tailing repositories and lots of violations of nature protection norms, have been a routine practice in Armenia. Irresponsibility of mining and ore processing companies and is largely conditioned by imperfection of legislative basis in the sphere of mineral resource exploitation and nature protection adding a lack of credible information when making ecologically significant decisions.

The goal of this research was qualitative and quantitative assessment of the impact of Armenia's biggest mining centers located in the cities of Kajaran, Kapan and Alaverdi upon spatially conjugated agrobiocoenoses and approaches to biotechnological restoration of polluted soils.

The stated goal was achieved through determination of pollution level of irrigation waters and agrobiocoenoses soils, assessment of the intensity of heavy metal accumulation in crops, suggestion of measures for minimization of pollution risk to agrobiocoenoses components and the health of local

© National Library of Armenia

people, recommendation of an assortment of farm crops and wild plants appropriate for phytoremediation of polluted soils.

The studies indicated that in the result of systematic use of polluted irrigation waters the soils of agrobiocoenoses are enriched with heavy metals which contents often exceed MAC values. The irrigation water pollution factor is both mine water which outflows from audits and numerous mine workings and discharges into natural water streams, and polluted waters of industrial runoffs.

A particular hazard is posed by tailing repositories which are a major source of heavy metal transfer to agrobiocenosis. The territories of re-cultivated tailing repositories must be excluded from agricultural use.

Heavy metals are detected in farm produce of both plant and animal origin and consequently enter into food chains. A major part of the obtained farm produce does not meet the RA food safety standards and is hazardous for public health. Major risks to the human health are connected not with basic commercial metals but with trace elements in ores including toxic metals of the 1st category of hazard: Pb, As, Cd and Hg.

The agrobiocoenoses may be recovered through implementation of complex measures aimed at prevention of irrigation water pollution and recovery of polluted soils. The data analysis indicates that the most cost-effective and relatively available method of polluted soils rehabilitation is soil phytoremediation using hyperaccumulator plants displaying the highest intensity of heavy metal accumulation: corn, sun-flower, legumes (clover, beans).

With a view of minimization of a risk to the human health, it is reasonable excluding plants-heavy metal accumulators: berries (raspberry, fig, mulberry), herbs, spicy root crops (root beet) from the assortment of crops cultivated on heavy metal polluted soils. The assortment of advisable crops includes fruit trees and shrubs (apple tree, quince, Cornelian cherries, blackthorn, and gooseberry), onion and garlic excluding consumption of green mass.

© National Library of Armenia