

S.B. ANTONYAN

NICKEL DEPOSITION FROM SULPHATE ELECTROLITE IN THE NON-STATIONARY MODE OF ELECTROLYSIS

The joint effect of direct and alternating sinusoidal currents of different amplitudes and frequencies on the mechanical properties of the nickel coatings (the strength limit, internal stress) is investigated. The data obtained are compared with the results of structural investigations. The laws of the crystal growth and formation of nickel layers in the non-stationary mode of electrolysis are determined.

Keywords: direct and alternating currents joint influence, the morphology of nickel coating, limit strength, internal voltage, durability, dislocation.

УДК 574; 58.032.3; 631.416.8

С.К. КАРАДЖЯН, А.А. КИРАКОСЯН, А.Р. СУКИАСЯН

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ МЕТОДОМ БИОИНДИКАЦИИ

Исследована миграция ряда тяжелых металлов с использованием метода биоиндикации однолетнего растения сахарной кукурузы в почвенно-климатических условиях Араратского региона РА. Изучены кинетические закономерности роста растения в условиях естественной засухи. Наблюдается повышение концентрации всех исследуемых тяжелых металлов в зернах растения на фоне снижения их содержания в почве.

Ключевые слова: биоиндикация, тяжелые металлы, система вода–почва–растение.

Введение. Тяжелые металлы (ТМ) сохраняются в окружающей среде и могут быть биоконцентрированы, биоаккумулированы и биоуглеризированы в цепях продуктов питания, в результате чего трофические организмы загрязняются с более высокой концентрацией химических и металлических загрязнителей [1]. При этом риск токсичности зависит от частоты, интенсивности и продолжительности контакта с металлическим загрязнителем вместе с миграционными путями. Особенно опасна миграция загрязнителей в цепи вода–почва–растение, так как токсичные элементы через поверхностные воды попадают в почву [2]. Действие загрязняющих веществ и соединений можно наблюдать на десятки километров от непосредственного источника поступления ТМ в окружающую среду с учетом метеорологических особенностей региона, геохимических факторов и ландшафтной обстановки в целом и во многом зависит от свойств и особенностей поведения конкретного металла [3]. Иссле-

дование усложняется тем фактом, что в природной среде ионы металлов редко встречаются изолированно друг от друга. Их разнообразные сочетания приводят к изменениям свойств отдельных элементов в результате их антропогенного воздействия на живые организмы [4]. Растения, в особенности используемые в качестве пищи, являются основными источниками поступления ТМ в организм человека: 40...80% ТМ поступают через растения, 20...40% – с воздухом и водой [5]. Очевидно, что изменению подвержен и химический состав растений, так как избыточность концентрации ТМ спровоцирована изменениями последних как в поверхностных водах, так и в почве.

Цель исследований – с помощью однолетнего растения сахарной кукурузы (*Zea mays*) изучение особенностей накопления и характера локализации некоторых ТМ в почвенно-климатических условиях Араратского региона Армении методом биоиндикации.

Материалы и методы исследования

1. **Биологический материал.** В экспериментах использовалась полувыводная сахарная кукуруза армянской популяции (Maize Zea), выращенная в открытых полевых условиях в Араратском районе (г. Арташат), а в качестве контрольного растения – кукуруза инбредной линии В73 (Iowa Stiff Stalk Synthetic). Моделирование засухи осуществлялось в климатической камере с контролируемыми условиями (16 ч день/8 ч ночь, соответственно 25⁰С/18⁰С, влажность 20%, фотосинтетическая активная радиация 300μЕ·м⁻²С⁻¹, которая обеспечивается натриево-газоразрядными лампами высокого давления) на биологическом факультете университета Антверпен, Бельгия. Вазоны с семенами кукурузы поливались ежедневно в одно и то же время суток. В контрольных вазонах относительная влажность почвы (ОВП) поддерживалась 54%. Моделирование засухи осуществлялось путем изменения ОВП с помощью полива. В случае умеренной засухи ОВП составляла 43%, при этом визуально не наблюдалось увядания листьев. Во время моделирования сильной засухи ОВП составляла 34%, и наблюдалось увядание листьев в течение дня. С целью определения физиологического показателя роста кукурузы в условиях моделируемой засухи измерялась длина пятого листа кукурузы (длина от уровня земли до конца листка) в течение первых трех дней его произрастания во всех трех условиях полива. Были исследованы некоторые кинетические параметры роста кукурузы в условиях моделируемой засухи путем измерения длины пятого листа до статистически достоверного значительного замедления его роста.

2. Подготовка образцов растения (зерна кукурузы). Созревшие зерна кукурузы сушились методом воздушно-сухой сушки в вытяжном шкафу до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре. Для озоления растительный материал помещали в муфельную печь с использованием предварительно прокаленных фарфоровых чашек при температуре +400°C на 0,5...1 час. После образцы сухого остатка (зола) помещали в эксикатор для дальнейших инструментальных измерений.

3. Подготовка образцов воды. Образцы проб воды отбирались в течение весенне-летнего периода 2016 года с целью исследования химического состава и идентификации источников загрязнения водного объекта. Глубина колодца составляла 13 м, хотя наполнение водой наблюдалось на глубине 8 м колодца. Отбор пробы воды осуществлялся при сухих погодных условиях в одно и то же время суток. Отобранные в специальные контейнеры образцы воды транспортировались в холодных условиях (+4°C) для лабораторных (инструментальных) измерений в течение 24 часов. В лаборатории взвешивали чистую пустую стеклянную чашку, которую после заполнения исследуемым образцом воды помещали в вытяжной шкаф (до 14 часов при комнатной температуре), доводя до стабильного сухого состояния методом воздушной сушки с последующим образованием сухого остатка в чашке. После чашка вместе с осадком опять взвешивалась, и определялась весовая разница между пустой и полной чашками (вес сухого остатка). В инструментальном измерении использовался полученный сухой остаток.

4. Подготовка образцов почвы. Образцы почвы при сухих погодных условиях отбирались методом “конверта” с глубины произрастания корневой системы исследуемого растения, которая составляла в среднем 100...120 см. Отбор точечных проб осуществлялся с помощью инструментов, не содержащих металлов. Объединенная проба составлялась путем смешивания точечных проб – не менее пяти точечных проб, взятых из одной пробной площадки. После образцы помещались в темные стеклянные контейнеры и транспортировались при температуре +4°C для лабораторных (инструментальных) измерений в течение 24 ч. После очистки от остатков корневой системы, насекомых и других твердых составляющих почва растиралась в ступне с пестиком и просеивалась через сито с диаметром отверстий не более 1 мм.

5. Измерение концентрации химических элементов. Подготовленные образцы (зола зерен кукурузы, сухой остаток воды и измельченная почва) помещались в специальные пластмассовые трубки “XRF Sample Cups” с диа-

метром 32 мм, на дно которых заранее вставлялась специальная полипропиленовая пленка. В верхней части образца вставляли специальные уплотнители, после чего его закрывали крышкой, спрессовав образец до нужного состояния.

Исследование осуществлялось направлением X-лучей непосредственно на образец в общей сложности до 210 с с помощью портативного анализатора “Thermo Scientific™ Niton™ XRF Portable Analyser”.

Полученные результаты сравнивались с принятыми нормативными документами.

Результаты и обсуждение. При использовании метода биоиндикации для оценки загрязненности окружающей среды не каждый биологический объект может быть использован в качестве индикатора внешнего воздействия. Необходимо наличие высокой чувствительности при низкой индивидуальной изменчивости у выбранного тест-объекта [6]. Способность растений поглощать металлы из загрязненных почв различна, при этом корневая система способна в различной степени ограничивать поступление металлов в надземные органы растений [7].

В частности, нами была поставлена цель использовать в качестве однолетнего растения сахарную кукурузу, фитоиндикационные возможности которой отражают изменение в окружающей среде только за время проведения экспериментов. Это позволяло нам определить состояние окружающей среды определенной территории.

Разнообразие физико-географических условий бассейна реки Арак способствует формированию почвы, пригодной для развития сектора частного приусадебного хозяйства. Но в данном контексте важным экологическим фактором также являлась засуха, которая непосредственно влияет на рост растений и на их репродуктивные качества [8,9]. Поэтому для южных территорий Армении актуально культивирование засухоустойчивых растений.

На начальном этапе экспериментов определялись кинетические параметры роста кукурузы, выращенной в полевых условиях, для данной климатической зоны. Араратский регион РА отличается сухими погодными условиями, здесь почти нет осадков, средняя годовая температура +29...35°C.

С этой целью были сравнены кинетические параметры роста двух сортов кукурузы: сахарной ползубовидной кукурузы армянской популяции и инбредной линии кукурузы В73. Полученные кинетические кривые представлены на рисунке.

Кинетика роста образца растения кукурузы инбредной линии В73 подробно изучена [10]. Проведенные в лабораторных условиях исследования по выявлению кинетических особенностей при выращивании данного образца в качестве контрольного позволили сравнить их с результатами экспериментов в полевых условиях с достаточно высокой достоверностью (для кинетических кривых роста пятого листа кукурузы $R^2=0.995$). На начальной стадии экспериментов по выявлению кинетических особенностей роста растения было определено значение величины степени удлинения роста (СУЛ) пятого листа кукурузы в качестве показателя роста растения. Значение СУЛ определялось путем ежедневных измерений длины пятого листа при росте растения в течение первых трех дней.

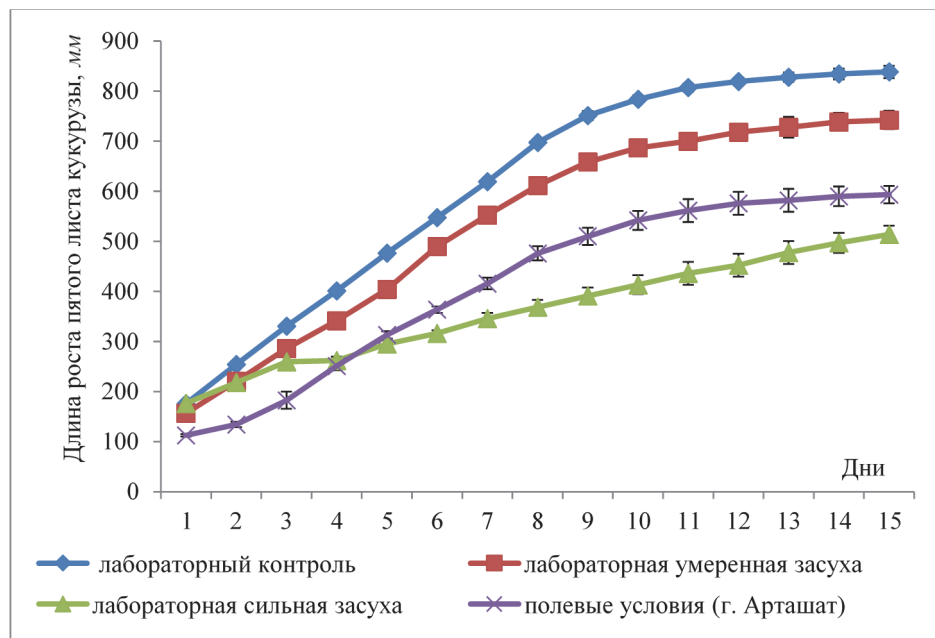


Рис. Кинетика роста пятого листа кукурузы при моделируемой засухе и в полевых условиях

Согласно полученным результатам (рис.), значение СУЛ арташатского образца близко к значению СУЛ для образца В73 в случае умеренного стресса. По мере роста растения в полевых условиях наблюдаются изменения в физиологических параметрах роста, которые близки по показателям моделирования сильной засухи в лабораторных условиях. Таким образом, фоновая (естественная) адаптация растения вполне соответствует результатам моделирования засухи.

В процессе адаптации растения не последнюю роль играют концентрационные изменения ТМ в среде, особенно в условиях засухи [11]. Данные химические элементы и их соединения, попадая в почву, претерпевают ряд превращений, рассеиваются или накапливаются в зависимости от характера геохимических барьеров, свойственных данной территории и определяющих их миграцию по основным составляющим биоты с дальнейшим попаданием в организм человека [12].

В последующих экспериментах определялась концентрация таких микроэлементов, как Zn, Cu и Mn, в триаде вода-почва-растение в период созревания растения, которое было выращено на полупустынной бурой почве и орошалось грунтовой водой бассейна реки Аракс.

Точки забора исследуемых образцов грунтовой воды, почвы и растения располагались друг от друга на фиксированном расстоянии в соответствии с поставленной задачей по исследованию миграции ТМ. Первоначальный забор воды осуществлялся непосредственно из пробуренного колодца (пункт 0); путь поступления воды по оросительному земляному каналу до первого места посева растения составил 11 м. Здесь также осуществлялся забор воды, почвы и растения (пункт 1). Далее, следуя по земляному каналу длиной 1,2 м, вода поступала в следующее отмеченное место посева и забора исследуемых образцов (пункт 2). Конечное месторасположение посева и последующего забора исследуемых образцов находилось на расстоянии 1,5 м от пункта 2 (пункт 3). Забор спелых зерен кукурузы, оросительной воды и почвы осуществлялся до начала посевных работ и после их завершения. В общей сложности время осуществления полевых работ составило около трех месяцев (июль-сентябрь, 2016 года).

Согласно представленным в таблице результатам, наибольшее количество среди исследуемых ТМ в воде имеет марганец, а наименьшее – цинк. Данная картина содержания металлов в воде отмечена по истечении трех месяцев во всех пунктах сбора материала.

Сравнение концентрационных изменений тех же микроэлементов в образцах почвы показало высокое содержание марганца (пункт 1 – 84,646 мг/кг, пункт 3 – 77,929 мг/кг), превышающее концентрацию цинка и меди в общей сложности почти в четыре раза (пункт 1 – 19,982 мг/кг и 20,433 мг/кг, пункт 3 – 16,105 мг/кг и 16,215 мг/кг соответственно) в образцах почвы в начале полевых работ (июль). После трех месяцев картина накопления металлов-загрязнителей резко уменьшилась, сохраняя общую тенденцию. Теперь концент-

рация Mn составляла в пункте 1 – 7,188 мг/кг, пункте 3 – 6,644 мг/кг, превышая содержание Zn и Cu в образцах почвы почти в 7 раз (табл.).

Далее сравнивалась накопительная способность кукурузы в зависимости от времени и места произрастания по содержанию данных микроэлементов в зернах растения. Исследуемые ТМ в наибольших количествах концентрировались в зернах кукурузы (табл.), объемы абсорбирования металлов и характер локализации в растительных тканях во многом зависели от особенностей почвенно-климатических условий агроценоза.

Таблица

Содержание тяжелых металлов в оросительной воде, почве и зернах кукурузы в зависимости от времени и места произрастания кукурузы

ТМ	Пункт 0, 07/2016	Пункт 0, 09/2016	Пункт 1, 07/2016	Пункт 1, 09/2016	Пункт 2, 07/2016	Пункт 2, 09/2016	Пункт 3, 07/2016	Пункт 3, 09/2016
<i>Содержание ТМ в оросительной воде, мг/л</i>								
Zn	0.023	0.028	0.037	0.057	0.018	0.086	0.036	0.115
Cu	0.051	0.061	0.058	0.073	0.065	0.086	0.059	0.057
Mn	0.111	0.130	0.065	0.173	0.086	0.419	0.071	0.246
<i>Содержание ТМ в почве, мг/кг</i>								
Zn	-	-	19.982	1.273	-	-	16.105	1.079
Cu	-	-	20.433	1.001	-	-	16.215	0.913
Mn	-	-	84.646	7.188	-	-	77.929	6.644
<i>Содержание ТМ в зернах кукурузы, мг/кг</i>								
	<i>До посева зерен</i>				-	806.757	-	636.312
Zn	291.926		-	848.854				
Cu	68.381		-	92.799	-	149.856	-	89.048
Mn	79.230		-	189.425	-	288.387	-	203.949

Начальные концентрации Zn, Cu и Mn (291,926 мг/кг, 68,381 мг/кг и 79,230 мг/кг соответственно) находились в пределах допустимых норм, что и позволило использовать данные семена в экспериментальных целях. Последующий анализ содержания данных химических элементов в новом урожае показал резкое концентрационное увеличение марганца и цинка – почти в три раза, а для меди – в два раза. При сравнении накопительной динамики данных элементов четко выражена доминирующая роль цинка (табл.). Далее, по мере удаления от источника воды (пункт 0), накопительная активность растения изменялась, что могло быть вызвано снижением концентрации данных элементов как в воде, так и в почве (пункт 3).

По истечении трех месяцев наблюдается повышение концентрации всех исследуемых ТМ, при этом прослеживается большая интенсивность аккумуляции цинка в зернах кукурузы. Биодоступность/фитоактивность цинка во многом зависит от его общей концентрации в почве, присутствия других ТМ, рН почвы. При изучении процессов накопления и миграции цинка из почвы в растение отмечается его высокая поглотительная способность в однолетних растениях [13].

На основании полученных экспериментальных данных в почвенно-климатических условиях Араратского региона были выделены пункты, характеризующиеся различным уровнем накопления ТМ в зернах кукурузы. Токсичность проявилась в угнетенном состоянии тест-объектов в связи с увеличением концентрации некоторых ТМ в зернах растения на фоне снижения их содержания в образцах почвы произрастания. Это показало возможность использования методов биоиндикации для выявления наиболее загрязненных территорий. На основе этого исследования можно сделать вывод, что с помощью биотестирования можно определить общую токсичность почв и выявить концентрацию ТМ, способных оказывать негативное влияние на растения.

Выводы. На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Анализ кинетики роста кукурузы, выращенной в полевых условиях, позволяет выявить особенности механизмов адаптации данного однолетнего растения при засухе.

2. Использование биоиндикации с целью оценки загрязненности почвы, вызванной грунтовой водой, указывает на концентрационные изменения исследуемых ТМ в зернах кукурузы в зависимости от отдаленности источника загрязнения. Выявлена миграция микроэлементов Zn, Cu и Mn в цепи вода-почва-растение, которая выражена следующим образом:

$Zn < Cu < Mn$ – для образцов воды,

$Zn < Cu < Mn$ – для образцов почвы,

$Zn > Cu > Mn$ – для образцов зерен кукурузы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Неверова О.А.** Опыт использования биоиндикаторов в оценке загрязнения окружающей среды: Аналит. Обзор. Сер.Экология.-Вып.80.- Новосибирск, 2006. - 88 с.
2. **Wang B., Wang Y. and Wang W.** Retention and mitigation of metals in sediment, soil, water, and plant of a newly constructed root-channel wetland (China) from slightly polluted source water // Springer Plus.- 2014.- V.3.- P. 326-342.

3. **Angelovičová L., Fazekašová D.** Contamination of the soil and water environment by heavy metals in the former mining area of Rudňany (Slovakia) // Soil & Water Res.-2014.-V. 9.-P.18–24.
4. **Bayseitova N.M., Sartaeva Kh. M.** Phytotoxic effect of heavy metals in technogenic pollution of the environment // Young Scientist. - 2014.-V.2.-P. 382-384.
5. Application of plant growth promoting rhizobacteria in bioremediation of heavy metal polluted soil / **K. I. Shinwari, A. Shah, et al** // Asian Journal of Multidisciplinary Studies.-2015.-V. 3. - P.179-185.
6. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование / Под ред. **О.П. Мелеховой, Е.И. Егоровой.** - М.: Академия, 2007. – 288 с.
7. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Под ред. **Р.Шуберга.**– М.: Мир. – 1988. – 348 с.
8. Drought impact on crop production and the soil environment: 2012 experiences from Iowa./ **M.M. Al-Kaisi, R.W. Elmore, et al** // J.Soil Water Conserv. 2013. – V. 68.- P.19A–24A.
9. Jian-Kang Zhu Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants// Cell. - 2016.- V.167.- P.313-324.
10. The B73 maize genome: complexity, diversity, and dynamics / **P.S. Schnable, D. Ware, et al** // Science. - 2009. - V.326.- P. 1112-1115.
11. **Moussa H.R., Abdel-Aziz S.M.** Comparative response of drought tolerant and drought sensitive maize genotype to water stress // Aust. J. Crop Sci.-2008.- V.1.- P. 31-36.
12. Root growth maintenance during water deficits: physiology to function algenomics / **R.E. Sharp, V. Poroyko, et al** // J. Exp. Bot.- 2004.- V.55.- P. 2343–2351.
13. **Wuana R.W., Felix E., Okieimen F.E.** Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation // ISRN Ecology.- 2011.- P. 1-21. DOI:10.5402/2011/402647.

Ս.Կ. ՂԱՐԱԶՅԱՆ, Ա.Ա. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ, Ա.Ռ. ՍՈՒՔԻԱՍՅԱՆ

**ԾԱՆՐ ՄԵՏԱՂՆԵՐՈՎ ԱՂՏՈՏՎԱԾ ՀՈՂԱՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ
ԿԵՆՍԱՑՈՒՑԱՆՄՈՒՇՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿՈՎ**

Հետազոտվել է մի շարք ծանր մետաղների միգրացիան կենսացուցանմուշման եղանակով՝ օգտագործելով քաղցր եգիպտացորեն միամյա բույսը ՀՀ Արարատի տարածաշրջանի հողակլիմայական պայմաններում: Ուսումնասիրվել են բույսի աճի կինետիկ օրինաչափությունները բնական երաշտի պայմաններում: Նկատվել է հետազոտվող ծանր մետաղների պարունակության ավելացումը բույսի սերմերում՝ հողում դրանց բաղադրության նվազման ֆոնի վրա:

Առանցքային բառեր. կենսացուցանմուշում, ծանր մետաղներ, ջուր-հող-բույս համակարգ:

S.K. GHARAJYAN, A.A. KIRAKOSYAN, A.R. SUKIASYAN

EVALUATING THE POLLUTION OF LAND PLOTS WITH HEAVY METALS BY THE METHOD OF BIOINDICATION

The migration of a number of heavy metals, using the method of bioindication of an annual sugar maize plant in the soil and climatic conditions of the Ararat region of RA is investigated. Kinetic regularities of the plant growth under the conditions of natural drought are studied. An increase in the intake of the concentration of all the investigated HM in grains against the background of a decrease in their content in the soil is observed.

Keywords: bioindication, heavy metals, water-soil-plant system.

ՀՏԴ 615.45

Ա.Ա. ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ, Լ.Վ. ՉԱՐԽԻՖԱԼԱԿՅԱՆ, Գ.Պ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

ՀՀ ԴԵՂԱԳՈՐԾԱԿԱՆ ՇՈՒԿԱՅԻ ՌԻՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ուսումնասիրվել են Հայաստանում դեղագործության ոլորտը, դեղագործական շուկայի աճը, դեղամիջոցների ներմուծման և արտահանման տեմպերը, ոլորտի կարգավորման հետ կապված խնդիրները: Հայաստանում տեղական արտադրանքն ապահովում է ներքին պահանջարկի միայն 4...5%-ը. ներմուծման աճի տեմպերը մի քանի անգամ գերազանցում են երկրի ներսում արտադրության տեմպերը:

Առանցքային բաներ. դեղագործության ոլորտ, դեղագործական շուկա, ներմուծման և արտահանման տեմպեր, դեղ արտադրողների և ներմուծողների (ԴԱՆ) միություն:

Դեղագործության հիմնախնդիրների լուծումը եղել և մնում է տեսական և գործնական բժշկության ամենաարդիական հիմնախնդիրներից մեկը: Գաղտնիք չէ, որ աշխարհում ոչ մի պետություն չի արտադրում դեղամիջոցների ամբողջական տեսականին, բայց նրանցից յուրաքանչյուրը ձգտում է հասնել տեղական արտադրության գերակայության: Դա առանձնապես արդիական է հետխորհրդային ժամանակաշրջանի երկրների և հատկապես Հայաստանի Հանրապետության համար՝ հաշվի առնելով մեր պետության աշխարհաքաղաքական դիրքը: Ցանկացած պետության համար շատ կարևոր է երկրում հիմնական դեղամիջոցների ցանկից առավելագույն անվանումների արտադրության կազմակերպումը, որովհետև դրանք պետք է հասանելի լինեն բնակչությանը ցանկացած ժամանակ և պահանջված քանակով:

Աշխատանքի նպատակն է ուսումնասիրել ոլորտի կարգավորման հետ կապված խնդիրները, հայկական ընկերությունների կողմից ներկրման և արտա-