

СОДЕРЖАНИЕ КОБАЛЬТА И КАДМИЯ В ТКАНЯХ РАСТЕНИЙ ТЕХНОГЕННОЙ ЗОНЫ

¹Немерешина Ольга Николаевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Химия»

²Петрова Галина Васильевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Земледелие, почвоведение и агрохимия»

²Филиппова Ася Вячеславовна, доктор сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой «Биология, природопользование и экологическая безопасность»

¹ФГБОУ ВО Оренбургский государственный медицинский университет

²ФГБОУ ВО Оренбургский государственный аграрный университет

460018, г. Оренбург ул. Челюскинцев. д. 18. тел 83532775230; e-mail: ogaui@esoo.ru

Ключевые слова: кобальт, кадмий, тяжелые металлы, лекарственные растения, сточные воды производства.

Накопление тяжелых металлов в почвах представляет угрозу для здоровья населения и ведения сельского хозяйства. Дикорастущие и культивируемые растения способны накапливать значительные количества тяжелых металлов, что позволяет использовать фитопрепараты для коррекции микроэлементного обмена и ликвидации гипомикроэлементозов. В работе представлены результаты исследования содержания кобальта и кадмия в сточных водах, почве и надземной части лекарственных и кормовых растений на полях орошения сточными водами, расположенных в санитарно-защитной зоне Оренбургского газоперерабатывающего завода. Для исследования были выбраны 9 видов растений, применяемых в медицинской и ветеринарной практике на территории России. Образцы воды, почвы и растительного сырья отбирались в конце июня с 2018 по 2020 годы. Определение содержания ТМ проводилось на базе межкафедральной комплексной аналитической лаборатории ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет» методом атомной абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра «Спектр – 5» (Россия). Определена способность видов накапливать в надземной части (ассимилирующих и генеративных органах) кадмий и кобальт. По результатам проведенных исследований прослеживается способность исследуемых растений контролировать до определенной степени поступление кобальта и кадмия из окружающей среды в генеративные и ассимилирующие органы. Определены видовые различия в характере накопления кобальта и кадмия в надземной части исследуемых растений. Результаты исследования могут представлять интерес для планирования предприятий по фиторемедиации техногенно загрязненных почв и оценке качества лекарственного и кормового растительного сырья.

Введение

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) является глобальной мировой экологической проблемой и привлекает внимание как представителей здравоохранения, так и производителей качественной сельскохозяйственной продукции. Опасность загрязнения ТМ обусловлена их токсичностью, способностью к кумуляции в пищевых цепях, а также длительным периодом полувыведения из живых организмов [1]. Некоторые элементы, относящиеся к ТМ, выполняют биогенные функции в организме человека в качестве активаторов ферментов и структурных компонентов металлопротеинов. К таким элементам относят Zn, Co, Ni и другие эссенциальные элементы (микроэлементы). При этом эссенциальные элементы могут проявлять токсическое действие при превышении безопасных концентраций, что наблюдается при острых и хронических отравлениях. Последнее обусловлено постепенной аккумуляцией ТМ в тканях живых организмов [2, 3].

В экосистемы ТМ поступают в результате естественных и антропогенных процессов, что нередко приводит к серьезным последствиям для здоровья человека и окружающей среды [3, 4]. Особое значение имеют высокотоксичные элементы (Cd, Pb, Hg и As), для которых биогенные функции не установлены, но уровень токсичности при этом чрезвычайно высок, что превращает их в опасные загрязнители даже при низких концентрациях в среде [3, 5, 6, 7]. Такие ТМ, даже в следовых концентрациях, проявляют тератогенное и мутагенное действия, нарушают работу эндокринной системы, провоцируют развитие поведенческих и неврологических расстройств, особенно у детей. Вышеуказанное требует организации проведения системных мониторинговых исследований в регионах России для определения уровня безопасности природных вод, атмосферного воздуха, продуктов сельского хозяйства, а также дикорастущих лекарственных, пищевых и кормовых растений и грибов [7].

Формирование элементного состава растительного сырья зависит от множества факторов, среди которых состав и качество почвы является ведущим. Тем не менее, видовые особенности метаболизма растений приводят к различиям в их способности до определенной степени контролировать поступление ТМ из окружающей среды в генеративные и ассимилирующие органы, снижая тем самым риск окислительного стресса и апоптоза [5, 6, 8]. Различие в коэффициентах биологического накопления ТМ (КБН) позволяет выявить виды с высоким и низким уровнем транслокации ТМ из почвы в ткани надземных или чаще подземных органов. Так, растения, способные к фитоэкстракции (фитоаккумуляция, фитоабсорбция или фитосеквестрация) - интенсивному поглощению ТМ из почвы или воды корнями растений с их последующей кумуляцией в надземной биомассе, рекомендуются для проведения фиторемедиации загрязненных почв [1, 9].

В представленной статье предпринята попытка рассмотреть вопросы распределения ТМ в системе почва/растение для оценки уровня безопасности лекарственного растительного сырья и определения перспективных для фиторемедиации видов растений на территории полей орошения Оренбургского газоперерабатывающего завода.

Цель исследования - проведение оценки содержания ТМ (кобальта и кадмия) в надземных органах лекарственных растений, почве и сточных водах на полях орошения Оренбургского газоперерабатывающего завода (ООО «Газпромдобыча Оренбург»), а также изучение особенностей транслокации элементов в зависимости от таксономической принадлежности видов растений.

Материалы и методы исследований

Объектами исследования стали образцы лекарственного растительного сырья (ЛРС), почвы и сточных вод, отобранные на территории Оренбургской области в окрестностях Оренбургского газоперерабатывающего завода (ООО «Газпромдобыча Оренбург») на полях орошения сочными водами предприятия.

Для изучения были выбраны 9 видов растений, применяемых в научной и народной медицине России: *Plantago major* L. (подорожник большой), *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. (ромашка непахучая), *Achillea millefolium* L. (тысячелистник обыкновенный), *Tanacetum vulgare* L. (пижма обыкновенная), *Fragaria viridis* Duch. (земляника зеленая),

Artemisia austriaca Jacq. (полынь австрийская), *Artemisia vulgaris* L. (полынь обыкновенная), *Elytrigia repens* (L.) Nevski. (пырей ползучий), *Persicaria amphibia* (L.) Delarbre. (горец земноводный). Все исследуемые виды широко распространены в регионах России, имеют лекарственное значение и поедаются животными в составе кормов [5].

Сбор образцов растений проводился в количестве не менее 20-ти экземпляров на 3-5 участках полей орошения в последних числах июня в период с 2018 по 2020 гг. Далее сырье высушивалось воздушно-теневым способом и подвергалось анализу на содержание микроэлементов. Отбор проб почвы производился с помощью процесса комбинированного отбора. При каждом отборе проб были взяты и перемешаны 3-5 почвенных подвыборок. Составные образцы грунта были направлены в лабораторию для проведения анализа. Отбор проб воды осуществлялся как непосредственно в сточной трубе, так и в ручье, протекающем по полям орошения (для горца земноводного). Определение содержания ТМ проводилось в межкафедральной комплексной аналитической лаборатории ФГБОУ ВО Оренбургский государственный аграрный университет методом атомной абсорбционной спектроскопии на приборе марки «Спектр – 5» (Россия).

Результаты исследований

Представленные в таблицах 1-3 данные свидетельствуют, что в образцах почвы, собранных на полях орошения Оренбургского газоперерабатывающего завода, содержание Со и Сд не превышает установленных в России норм (ГН 2.1.7.2041-06). В образцах сточной воды, используемой на полях орошения ОГПЗ, содержание кадмия превышает установленные в Российской Федерации нормативы (ГН 2.1.5.1315-03), тогда как содержание кобальта находится в пределах нормы (табл. 3).

Таблица 1
Содержание кобальта и кадмия (мг/кг) в сырье растений и почве без распашки (2018-2020 гг, среднее за три года)

№ п/п	Исследуемый образец	Элемент	
		Со	Сд
1	подорожник большой (лист)	0,024	0,010
2	ромашка непахучая (трава)	0,063	0,084
3	тысячелистник благородный (трава)	0,041	0,016
4	пижма обыкновенная (трава)	0,072	0,024
5	земляника зеленая (лист)	0,023	0,083
6	почва	0,044	0,034

Таблица 2
Содержание кобальта и кадмия (мг/кг)
в сырье растений и почве после распахки вес-
ной (2018-2020 гг, среднее за три года)

№ п/п	Исследуемый образец	Элемент	
		Co	Cd
1	полынь обыкновенная (трава)	0,151	0,033
2	полынь австрийская (трава)	0,058	0,041
3	пырей ползучий (трава)	0,080	0,040
4	почва	0,044	0,034

Содержание кобальта и кадмия в исследуемом ЛРС не превышает установленных нормативов для продуктов и кормов (табл. 1-3). Тем не менее даже следовые количества кадмия могут представлять опасность для здоровья людей и животных, так как кадмий характеризуется высокой токсичностью и способностью к кумуляции в объектах биоты и особенно при миграции в пищевых цепях.

Таблица 3
Содержание кобальта и кадмия (мг/кг),
коэффициенты биологической транслокации в
траве горца земноводного, собранного в ручье
возле сточной трубы (2018-2020 гг, среднее за
три года)

№ п/п	Объекты исследования	Элемент	
		Co	Cd
1	горец земноводный (трава)	0,081	0,022
2	почва	0,033	0,037
3	вода сточная (из трубы)	0,075	0,02
4	коэффициент ТЛ [растение/почва]	2,54	0,59
5	коэффициент ТЛ [растение/вода]	1,08	1,1
6	коэффициент ТЛ [почва/вода]	0,44	1,85

С позиции экологической безопасности мы посчитали необходимым рассчитать коэффициенты биологической транслокации кобальта и кадмия в системе почва/растение (табл. 4).

Таблица 4
Коэффициент биологической транслока-
ции [растение/почва] кобальта и кадмия (2018-
2020 гг, среднее за три года)

№ п/п	Объект исследования	Элемент	
		Co	Cd
1	подорожник большой	1,33	0,58
2	ромашка непахучая	3,5	4,94
3	тысячелистник благородный	2,28	0,94
4	пижма обыкновенная	4,0	1,41
5	земляника зеленая	1,28	4,88
6	полынь обыкновенная	4,56	0,89
7	полынь австрийская	1,76	1,11
8	пырей ползучий	2,42	1,1

Обсуждение

ТМ с точки зрения физиологии живых организмов условно можно разделить на две категории. Первая категория металлов необходима клеткам в качестве микроэлементов (Zn, Cu, Fe, Mn, Ni и др.), то есть выполняет важные биогенные функции, как правило, в составе металлопротеинов [6, 7, 11]. Тем не менее, уровень содержания этих элементов в среде нередко достигает токсических концентраций опасных для растительных и животных организмов [8,12]. Для второй категории металлов и металлоидов до настоящего времени не выявлены биологические функции в организмах растений и животных. К ним относят As, Ag, Cd, Pb, Se и Hg [7, 12, 13]. Поступающие в экосистемы из природных и антропогенных источников обе группы ТМ представляют потенциальную угрозу для жизнедеятельности живых организмов и здоровья человека [6, 13].

В агроэкосистемах внесение низких концентраций ТМ, являющихся микроэлементами (Fe, Cu, Zn, Mn и др.), улучшает рост растений, повышая урожайность культур [5, 6, 14]. Но более высокие концентрации ТМ негативно влияют на физиологические и биохимические процессы растений, ингибируя ростовые процессы и приводя к апоптозу клеток и некрозу тканей [3, 5, 12] за счет увеличения продукции АФК у растений в условиях стресса [11]. К основным механизмам токсического действия ТМ относят их способность индуцировать образование активных форм кислорода (АФК). Некоторые ТМ способны оказывать негативный эффект путем вытеснения микро- и макроэлементов, а также нарушая структуры биомолекул и важных стресс-регуляторных белков, хелатируя функциональные группы [24].

Повышенные концентрации ТМ в окружающей среде вызывают ухудшение качества почвы, торможение роста и снижение урожайности растений, влияют на качество продуктов и кормов с потенциальным риском для здоровья человека и животных [1, 15]. ТМ способны замедлять фотосинтез, снижать содержание хлорофилла, нарушать работу трансляционного аппарата [4, 12, 16]. Также высокие концентрации ТМ в среде вызывают у растений водный стресс, уменьшая устьичную проводимость, скорость транспирации, размер и количество сосудов ксилемы, что приводит к снижению уровня относительного содержания воды в листьях [4]. Особую озабоченность вызывает кумуляция ТМ при их миграции в пищевых цепях, что связа-

но с риском для здоровья животных и человека [4, 13].

На биодоступность тяжелых металлов для корневой системы растений влияют корневые экссудаты, органические кислоты, сидерофоры и протоны. ТМ поступают в ткани корня преимущественно в форме ионов. Растения могут до известной степени контролировать поглощение и транспорт ТМ, например, с помощью регуляции работы белков-транспортеров, реакциями комплексообразования с последующей секвестрацией, корневой экссудацией органических лигандов. К механизмам адаптации растений к повышенным концентрациям ТМ относятся: хелатирование, компартментация в вакуолях и других клеточных органеллах, а также индукция синтеза антиоксидантов [7, 10, 16]. Хелатирующие вещества растений способствуют детоксикации металла за счет снижения концентрации свободного металла в цитозоле, что ограничивает его реакционную способность и растворимость. В частности, увеличение биосинтеза хелатирующих соединений (органические кислоты, металлотионеины, фитохелатины, полифенолы, цистеин, глутатион) позволяет накапливать ТМ в тканях корня, защищая тем самым генеративные и ассимилирующие органы от накопления свободных ионов ТМ, которые способны спровоцировать окислительный стресс и гибель клетки [8, 16].

Кобальт относится к важнейшим микроэлементам растений, участвующим в образовании металлоферментов, и максимальное его содержание зафиксировано в хлоропластах и митохондриях растительных клеток. Кобальт положительно влияет на рост высших растений, повышает устойчивость хлорофилла, активизирует ферментные процессы, принимая тем самым участие в окислительном фосфорилировании и фотосинтезе, в матричных синтезах, а также в синтезе кобаламина [8, 14]. Синтез углеводов и жиров в тканях растений зависит от обеспеченности их Со. В литературе приводятся сведения о способности Со замедлять старение листьев за счет ингибирования биосинтеза этилена и повышать засухоустойчивость растений [14]. Признаками дефицита кобальта является торможение роста растений, уменьшение ветвления корней, бледно-зеленой окраски листьев, сменяющейся позже на желтую или красную [5, 6].

Токсичность повышенных концентраций Со связывают в первую очередь с развитием окислительного стресса, угнетением ассимиляции и трансляционного аппарата, а также раз-

вивающимся на фоне избытка кобальта дефицитом железа [16]. В физиологических условиях Со обычно имеет степени окисления +2 или +3, что делает возможным его участие в реакциях Фентона и Хабера-Вейса. При повышенных концентрациях Со в живых организмах отмечается кобальт-индуцируемый апоптоз, блокируемый высокими дозами антиоксидантов. Высокие концентрации Со приводят к нарушениям репарации ДНК в ядре, хлоропластах и митохондриях [15].

Согласно данным литературы содержание Со в сухом веществе растений составляет от 0,05 до 11,6 мг/кг [16]. Наши исследования показывают, что содержание кобальта в растениях, произрастающих на полях орошения очищенными сточными водами Оренбургского газоперерабатывающего завода, в целом укладывается в интервал значений, приведенных в литературе. Исследуемое сырье растений не представляет опасности по данному показателю при применении сырья исследуемых видов в медицинской и ветеринарной практике, а также в производстве кормов. Тем не менее, представляет интерес тот факт, что содержание кобальта существенно различается в сырье исследуемых видов растений. Ряд содержания кобальта в ассимилирующих органах исследуемых растений на полях орошения Оренбургского газзавода представлен следующим образом: земляника зеленая (лист) > подорожник большой (лист) > тысячелистник благородный (трава) > полынь австрийская (трава) > ромашка непахучая (трава) > пижма обыкновенная (трава) > пырей ползучий (трава) > горец земноводный > полынь обыкновенная (трава).

Определение содержания кобальта в растениях и расчет коэффициента биологической транслокации (растение/почва) доказывает способность высших растений до некоторой степени контролировать поток элементов из почвы в ткани и органы. Способность поглощать кобальт из почвы согласно коэффициенту биологической транслокации (растений/почва) распределяется среди исследуемых видов следующим образом: земляника зеленая > подорожник большой > полынь австрийская > тысячелистник благородный > пырей ползучий > горец земноводный > ромашка непахучая > пижма обыкновенная > полынь обыкновенная. Следует отметить, что для всех исследуемых видов растений отмечается явление биоконцентрации кобальта, и коэффициент биотранслокации составляет от 1,28 до 4,00.

Полученные результаты свидетельствуют о различной ценности растительного сырья исследуемых видов с точки зрения профилактики дефицита кобальта, который нередко отмечается у человека и животных, особенно у молодняка. Сведения о способности растений контролировать поступление кобальта в надземные органы необходимо учитывать при планировании мероприятий по фиторемедиации загрязненных почв.

Кадмий поступает в почвы в основном с выбросами промышленных предприятий и характеризуется высоким уровнем токсичности и активной миграцией в пищевых цепях, где он способен к кумуляции [17]. Несмотря на то, что Cd не входит в число необходимых для жизнедеятельности растения элементов, он довольно легко поглощается корневой системой и поступает в надземные органы, что подтверждается отмеченным нами отсутствием у большинства исследуемых экземпляров физиологического барьера для данного элемента.

В малых концентрациях Cd может стимулировать процессы жизнедеятельности растений [11]. Нормальное содержание кадмия в растениях 0,05 - 0,2 мг/кг воздушно-сухой массы [17]. Согласно литературным данным в основном Cd локализуется в корнях и в меньших количествах - в тканях стебля, черешков и центральных жилок листьев [18].

Токсическое действие кадмия проявляется в снижении интенсивности фотосинтеза и тканевого дыхания, нарушении транспирации, фиксации углекислого газа в листьях и в изменении проницаемости мембран. Благодаря сходству структуры кадмия с цинком он замещает последний в активных центрах многих ферментов, нарушая работу дегидрогеназ, фосфатаз, пептидаз, карбоангидразы [18]. Cd способен ингибировать процессы биологического восстановления нитрат-анионов, нарушая процессы синтеза аминокислот в растениях [32]. Ион Cd²⁺, влияя на метаболизм абсцизовой кислоты, стимулирует в эпидерме экспрессию генов, ответственных за синтез неспецифических липидпереносящих белков, что приводит к увеличению количества мономеров, поступающих к месту синтеза кутина и увеличения толщины кутикулы, затрудняющей транспирацию [18]. Симптомы интоксикации растений кадмием - хлороз листьев, красно-бурая окраска их краев и прожилок, задержка роста корней и их повреждения. Cd может ингибировать рост большинства видов растений [19].

В организме человека и животных Cd

проявляет выраженное мутагенное и канцерогенное действие, нарушает метаболизм Ca, вызывает почечную недостаточность и анемию и тяжелые поражения костей. Даже небольшие количества Cd в сельскохозяйственной продукции и воде представляют угрозу для здоровья человека в долгосрочной перспективе [11, 20].

Некоторые виды растений проявляют способность до некоторой степени регулировать поглощение Cd из почвы и поступление его в ассимилирующие и генеративные органы. Результаты наших исследований подтверждают данный факт. Содержание кадмия в исследуемом растительном сырье не превышает установленных в России нормативов. Ряд, отражающий распределение кадмия в исследуемых видах растительного сырья на территории полей орошения сточными водами Оренбургского газоперерабатывающего завода, выглядит следующим образом: подорожник большой (лист) > тысячелистник благородный (трава) > горец земноводный (трава) > пижма обыкновенная (трава) > полынь обыкновенная (трава) > пырей ползучий (трава) > полынь австрийская (трава) > земляника зеленая (лист) > ромашка непахучая (трава).

Способность высших растений до определенной степени контролировать поглощение кадмия из окружающей среды и его последующую миграцию в ассимилирующие и генеративные органы отражает коэффициент биологической транслокации (почва/растение). Интенсивность накопления кадмия исследуемыми растениями отражает следующий ряд: подорожник большой > горец земноводный > полынь обыкновенная > тысячелистник благородный > пырей ползучий > полынь австрийская > пижма обыкновенная > земляника зеленая > ромашка непахучая. Физиологический барьер, препятствующий поступлению кадмия в ассимилирующие и генеративные органы, был обнаружен у трех исследуемых видов: подорожник большой, горец земноводный и тысячелистник обыкновенный. Надземная часть пырея и полыни австрийской содержит приблизительно одинаковое количество кадмия по сравнению с почвой в месте произрастания, что свидетельствует о наличии физиологического равновесия. Земляника зеленая, ромашка непахучая и, в меньшей степени, пижма обыкновенная демонстрируют активное накопление кадмия в надземных органах. Полученные результаты могут быть интересны с позиции фиторемедиации техногенных почв, загрязненных кадмием.

Заключение

Проведенный методом атомной абсорбционной спектрометрии анализ проб почвы и лекарственного растительного сырья на полях орошения сточными водами крупнейшего в Европе газоперерабатывающего производства (Оренбургский газоперерабатывающий завод) позволил установить уровни содержания кобальта и кадмия в исследуемых образцах высших растений, сточных водах и почве на полях орошения.

Для анализа образцов нами использовался атомно-абсорбционный спектрометр марки «Спектр – 5» (Россия). Результаты показали, что концентрация кадмия и кобальта в сточной воде Оренбургского газзавода не превышает установленных в России нормативов (ГН 2.1.5.1315-03, ГН 2.1.5.689-98). Концентрации тяжелых металлов в почве были также сопоставлены со стандартами ВОЗ и установлено, что в почвенных пробах концентрация кобальта и кадмия была ниже нормы (ГН 2.1.7.2041-06). Уровень загрязнения кобальтом и кадмием образцов растений в исследуемом районе оценивался в сравнении с СанПиН 2.3.2.1078-01. Содержание кадмия и кобальта в исследуемых образцах сточных вод, почвы и растительного сырья на полях орошения сточными водами Оренбургского газоперерабатывающего завода не превышает установленных нормативов.

Исследуемые виды растений отличаются способностью контролировать поступление кадмия и кобальта из окружающей среды в ассимилирующие и генеративные ткани. Ряд содержания кобальта в ассимилирующих органах на полях орошения Оренбургского газзавода представлен следующим образом: земляника зеленая (лист) > подорожник большой (лист) > тысячелистник благородный (трава) > полынь австрийская (трава) > ромашка непахучая (трава) > пижма обыкновенная (трава) > пырей ползучий (трава) > горец земноводный > полынь обыкновенная (трава). Ряд, отражающий распределение кадмия в исследуемых на территории полей орошения сточными водами Оренбургского газоперерабатывающего завода, выглядит следующим образом: подорожник большой (лист) > тысячелистник благородный (трава) > горец земноводный (трава) > пижма обыкновенная (трава) > полынь обыкновенная (трава) > пырей ползучий (трава) > полынь австрийская (трава) > земляника зеленая (лист) > ромашка непахучая (трава).

Коэффициенты биологической трансло-

кации металлов (растение/почва) также значительно отличаются у исследуемых видов растений. Для кобальта коэффициент биологической транслокации колеблется от 1,28 до 4,00, что свидетельствует о биологической аккумуляции данного элемента в надземных органах травянистых растений полей орошения. Все исследуемые виды таким образом можно рассматривать как источники сырья для профилактики гипомикроэлементозов кобальта.

Коэффициент биологической транслокации кадмия составляет 0,58 - 4,94. Таким образом, в отношении кадмия мы отмечаем в зависимости от вида растения как явление аккумуляции, так и выраженный физиологический барьер, препятствующий поступлению кадмия в ткани надземных органов. Эффект накопления кадмия в надземных органах ромашки непахучей, земляники зеленой и пижмы обыкновенной может быть использован для разработки технологий фиторемедиации и очистки почв техногенных зон от высокотоксичного элемента.

Библиографический список

1. Bioremediation mechanisms of combined pollution of PAHs and heavy metals by bacteria and fungi : A mini review / S. H. Liu [et al.] // Bioresource technology. – 2017. – Т. 224. – С. 25-33.
2. Cadmium accumulation in winter crops and the assessment of paddy soil phytoremediation in southern China / H. Zeng [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2019. – Т. 26, № 17. – С. 17173-17182.
3. The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal-accumulating plants / A. J. M. Baker [et al.] // Resources, Conservation and Recycling. – 1994. – Т. 11, № 1-4. – С. 41-49.
4. Ekta, A. P. review of phytoremediation / A. P. Ekta, N. R. Modi // J Pharmacogn Phytochem. – 2018. – Т. 7. - №. 4. – С. 1485-1489.
5. Гусев, Н. Ф. Лекарственные растения / Н. Ф. Гусев, Г. В. Петрова, О. Н. Немерешина. – Оренбуржья, 2007. - 342 с.
6. Ковальский, В. В. Геохимическая экология / В. В. Ковальский. – Москва : Наука, 1974. - 299 с.
7. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас. – Москва : Мир, 1989. – 430 с.
8. Seth, C. S. Accumulation, detoxification, and genotoxicity of heavy metals in indian mustard (*Brassica juncea* L.) / C. S. Seth, V. Misra, L. K. S. Chauhan // International journal of

phytoremediation. – 2012. – Т. 14, №. 1. – С. 1-13.

9. Accumulation features of organochlorine pesticides and heavy metals in fish from high mountain lakes and Lhasa River in the Tibetan Plateau / R. Yang [et al.] // Environment International. – 2007. – Т. 33, № 2. – С. 151-156.

10. Heavy metal resistance in higher plants: biochemical and genetic aspects / J. A. C. Verkleij [et al.] // Ecological responses to environmental stresses. – 1991. – С. 8-21.

11. The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health / J. Godt [et al.] // Journal of occupational medicine and toxicology. – 2006. – Т. 1, № 1. – С. 22.

12. Елькина, Г. Я. Реакция растений на полиэлементное загрязнение подзолистых почв тяжелыми металлами / Г. Я. Елькина // Агрохимия. – 2017. – № 7. – С. 78-85.

13. Hyperaccumulator Plants : The Resource to Understand the Extreme Adaptations of Plants Towards Heavy Metals / M. Shrivastava, A. Khandelwal, S. Srivastava, Heavy Metal // Plant-Metal Interactions. – 2019. – С. 79-97.

14. Responses of *Landoltia punctata* to cobalt and nickel: Removal, growth, photosynthesis, antioxidant system and starch metabolism / L. Guo [et al.] // Aquatic Toxicology. – 2017. – Т. 190. – С. 87-93.

15. Variation in copper and cobalt tolerance

and accumulation among six populations of the facultative metallophyte *Anisopappus chinensis* (Asteraceae) / B. Lange [et al.] // Environmental and experimental botany. – 2018. – Т. 153. – С. 1-9.

16. Sharma, V. Toxic effects of cobalt, chromium, lead and nickel chloride on growth performance of siris (*Albizia* spp.) / V. Sharma, M. N. Naugraiya, G. S. Tomar // IJCS. – 2018. – Т. 6, № 2. – С. 2407-2410.

17. Effects of intercropping with floricultural accumulator plants on cadmium accumulation in grapevine / H. Chen [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2019. – Т. 26, № 24. – С. 24474-24481.

18. Delbari, A. S. Cadmium and lead absorption in soil and plants of *Cercis siliquastrum* and *Ailanthus altissima* / A. S. Delbari // Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences. – 2019. – Т. 9, № 4. – С. 149.

19. A review of soil cadmium contamination in China including a health risk assessment / L. Wang [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2015. – Т. 22, № 21. – С. 16441-16452.

20. Калиев, А. Ж. Экологическая оценка влияния выбросов газоперерабатывающего комплекса на биоразнообразии и его качество / А. Ж. Калиев, А. Г. Дамрин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 5 (61). – С. 56 – 61.

COBALT AND CADMIUM CONTENT IN PLANT TISSUES OF TECHNOGENIC ZONE

Nemereshina O. N.¹, Petrova G. V.², Filippova A. V.²

¹FSBEI HE Orenburg state medical university

²FSBEI HE Orenburg state agrarian university

460018, Orenburg, Chelyuskintsev street. 18. tel 83532775230; e-mail ogau@esoo.ru

Key words: cobalt, cadmium, heavy metals, medicinal plants, industrial waste water.

The collection of heavy metals in soils is a threat to public health and agriculture. Wild and cultivated plants are able to accumulate significant amounts of heavy metals, which on the one hand allows the use of phytopreparations to correct microelement exchange and eliminate hypomicroelementosis. The work shows the results of study of the content of cobalt and cadmium in wastewater, soil and the aboveground part of medicinal and forage plants in the fields of wastewater irrigation located in the sanitary protection zone of Orenburg gas processing plant. 9 types of plants used in medical and veterinary practice in Russia were selected for the study. Water, soil, and plant samples were collected at the end of June from 2018 to 2020. The TM content was determined on the basis of the interdepartmental complex analytical laboratory of FSBEI HE «Orenburg state agrarian university» by atomic absorption spectroscopy using the «Spektr-5» atomic absorption spectrometer (Russia). The ability of species to accumulate cadmium and cobalt in the aboveground part (assimilating and generative organs) was determined. According to the results of the research, the ability of the studied plants to control to a certain extent the intake of cobalt and cadmium from the environment to generative and assimilating organs is seen. Specific differences in the nature of accumulation of cobalt and cadmium in the aboveground part of the studied plants were determined. The results of the study may be of interest for planning enterprises for phytoremediation of technogenically polluted soils and evaluating the quality of medicinal and feed plant raw materials.

Bibliography

1. Bioremediation mechanisms of combined pollution of PAHs and heavy metals by bacteria and fungi : A mini review / S. H. Liu [et al.] // Bioresource technology. – 2017. – V. 224. – P. 25-33.

2. Cadmium accumulation in winter crops and the assessment of paddy soil phytoremediation in southern China / H. Zeng [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2019. – V. 26, № 17. – P. 17173-17182.

3. The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal-accumulating plants / A. J. M. Baker [et al.] // Resources, Conservation and Recycling. – 1994. – V. 11, № 1-4. – P. 41-49.

4. Ekta, A. P. review of phytoremediation / A. P. Ekta, N. R. Modi // J Pharmacogn Phytochem. – 2018. – V. 7. - №. 4. – P. 1485-1489.

5. Gusev, N. F. Medical plants / N. F. Gusev, G. V. Petrova, O. N. Nemereshina. – Orenburg region, 2007. - 342 p.

6. Kovalsky, V. V. Geochemical ecology / V. V. Kovalsky. – Moscow : Science, 1974. - 299 c.

7. Kabata-Pendias, A. Microelenets in soils and plants / A. Kabata-Pendias. – Moscow : Mir, 1989. – 430 p.

8. Seth, C. S. Accumulation, detoxification, and genotoxicity of heavy metals in indian mustard (*Brassica juncea* L.) / C. S. Seth, V. Misra, L. K. S. Chauhan // International journal of phytoremediation. – 2012. – V. 14, №. 1. – P. 1-13.

9. Accumulation features of organochlorine pesticides and heavy metals in fish from high mountain lakes and Lhasa River in the Tibetan Plateau / R. Yang

[et al.] // *Environment International*. – 2007. – V. 33, № 2. – P. 151-156.

10. Heavy metal resistance in higher plants: biochemical and genetic aspects / J. A. C. Verkleij [et al.] // *Ecological responses to environmental stresses*. – 1991. – P. 8-21.

11. The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health / J. Godt [et al.] // *Journal of occupational medicine and toxicology*. – 2006. – V. 1, № 1. – P. 22.

12. Elkina, G. Ya. Reaction of plants to polyelement contamination of podzolic soils with heavy metals / G. Ya. Elkina // *Agrochemistry*. – 2017. – № 7. – P. 78-85.

13. Hyperaccumulator Plants : The Resource to Understand the Extreme Adaptations of Plants Towards Heavy Metals / M. Shrivastava, A. Khandelwal, S. Srivastava, Heavy Metal // *Plant-Metal Interactions*. – 2019. – P. 79-97.

14. Responses of *Landoltia punctata* to cobalt and nickel: Removal, growth, photosynthesis, antioxidant system and starch metabolism / L. Guo [et al.] // *Aquatic Toxicology*. – 2017. – V. 190. – P. 87-93.

15. Variation in copper and cobalt tolerance and accumulation among six populations of the facultative metallophyte *Anisopappus chinensis* (Asteraceae) / B. Lange [et al.] // *Environmental and experimental botany*. – 2018. – V. 153. – P. 1-9.

16. Sharma, V. Toxic effects of cobalt, chromium, lead and nickel chloride on growth performance of *siris* (*Albizia* spp.) / V. Sharma, M. N. Naugraiya, G. S. Tomar // *IJCS*. – 2018. – V. 6, № 2. – P. 2407-2410.

17. Effects of intercropping with floricultural accumulator plants on cadmium accumulation in grapevine / H. Chen [et al.] // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2019. – V. 26, № 24. – P. 24474-24481.

18. Delbari, A. S. Cadmium and lead absorption in soil and plants of *Cercis siliquastrum* and *Ailanthus altissima* / A. S. Delbari // *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*. – 2019. – V. 9, № 4. – P. 149.

19. A review of soil cadmium contamination in China including a health risk assessment / L. Wang [et al.] // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2015. – V. 22, № 21. – P. 16441-16452.

20. Kaliev, A. Zh. Ecological assessment of the impact of gas processing complex emissions on biodiversity and its quality / A. Zh. Kaliev, A. G. Damrin // *Izvestia of Orenburg state agrarian university*. – 2016. – № 5 (61). – P. 56 – 61.