

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОИНДИКАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СПОСОБА ЗАЩИТЫ ПОЧВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Джубатырова С.С.¹, Кушаева А.М.² Email: Dzhubatyrova633@scientifictext.ru

¹Джубатырова Сания Сафиевна - доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
кафедра растениеводства и земледелия;

²Кушаева Айбарша Маликовна - магистр естественных наук, преподаватель,
кафедра экологии и природопользования, факультет агрономии,
Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана,
г. Уральск, Республика Казахстан

Аннотация: в статье приведены результаты комплексных экспериментальных исследований по определению критериев экологического состояния почвенного и растительного покровов прилегающей к месторождению территории, на разных расстояниях от 85 источников загрязнения (в контуре месторождения и на границе санитарно-защитной зоны) по четырем направлениям с учётом розы ветров. Разработан и предложен способ защиты почв от загрязнения тяжёлыми металлами, путем использования в качестве аккумуляторов тяжёлых металлов многолетних растений как биоиндикаторов для оценки почвенного плодородия.

Ключевые слова: растительный покров, почвенный покров, тяжёлые металлы, коэффициент биологического поглощения, биоиндикаторы.

USE OF BIOINDICATION INDICATORS OF PLANTS FOR DEVELOPING A METHOD FOR PROTECTING SOILS FROM POLLUTION BY HEAVY METALS Dzhubatyrova S.S.¹, Kushayeva A.M.²

¹Dzhubatyrova Sanya Safiyevna - Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
DEPARTMENT OF PLANT GROWING AND AGRICULTURE;

²Kushayeva Aibarsha Malikovna - Master of Natural Sciences, Teacher,
DEPARTMENT OF ECOLOGY AND NATURE MANAGEMENT, FACULTY OF AGRONOMY,
ZHANGIR KHAN WEST KAZAKHSTAN AGRARIAN-TECHNICAL UNIVERSITY
URALSK, REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract: the article presents the results of complex experimental studies to determine the criteria for the ecological state of soil and vegetation cover in the area adjacent to the field, at different distances from the pollution source (in the field contour and on the border of the sanitary protection zone) along four directions, taking into account the wind rose. A method for protecting soils from pollution by heavy metals has been developed and proposed, using perennial plants as bio-indicators as indicators for soil fertility as heavy metal accumulators.

Keywords: vegetative cover, soil cover, heavy metals, coefficient of biological absorption, bioindicators.

УДК 663:504.54

Введение

Проблема защиты и восстановления нарушенных земель, а также поиск оптимальных и адаптированных к конкретным условиям способов и методов восстановления техногенно-загрязнённых почв является весьма актуальной.

Западно-Казахстанская область, на территории которой располагается Карачаганакское месторождение, является одним из интенсивно разрабатываемых нефтегазоносных регионов Казахстана. Развитие нефтедобывающей промышленности не исключает возможность ее воздействия на окружающую среду и требует разработки методов и технологии восстановления нарушенных земель. Территории, подвергающиеся усиленному антропогенному воздействию, где производственный цикл сопровождается выбросом в окружающую среду химических элементов, сильно загрязнены тяжёлыми металлами вокруг свалок, на границе санитарно-защитной зоны, на прилегающих территориях к промышленным предприятиям. Стойкость природных систем зависит от взаимодействия ряда факторов, среди которых можно выделить: физико-химические, ландшафтно-геохимические и биологические. В основу определения стойкости природной системы закладывается геохимический принцип процесса миграции техногенных загрязнителей и их многофакторность [1, 2, 3].

Загрязняющие вещества, являясь мощным экологическим фактором, оказывают влияние на различные процессы в растительных организмах. Избыток, как и недостаток многих макро- и микроэлементов может вызывать целый ряд негативных процессов, таких как нарушение дыхания,

фотосинтеза, фиксации и ассимиляции некоторых главных питательных веществ. Миграция металлов в системе почва-растение определяется типом почвы, ее гидротермическим режимом, гумусированностью, кислотностью, карбонатностью и емкостью катионного обмена, характером почвообразующих пород, спецификой вида растений, погодными условиями и характером техногенного загрязнения. Валовое содержание микроэлементов отражает их потенциальные запасы, а более объективным показателем обеспеченности растений является содержание их подвижных форм, зависящих от ряда вышеприведенных факторов [4].

Рассеивание, накопление и превращение химических элементов в почве связано с рядом превращений, которые зависят от характера геохимических барьеров.

Характеристическим показателем накопления тяжелых металлов растениями из почвы служат данные транслокационного показателя и коэффициента биологического поглощения (КБП). Растения разного вида характеризуются различной устойчивостью к влиянию различных загрязнителей и их аккумуляции. Растения - биоиндикаторы реагируют и дают адекватную реакцию на воздействие комплекса факторов. Чувствительными показателями биоиндикации растений могут служить как отдельные процессы в клетке и организме (изменение ферментативной активности, изменения в пигментном комплексе) так и морфологические изменения (изменение и формы и размера листовой пластинки, хлорозы и некрозы). Известно, что защитную функцию в растениях могут осуществлять фенольные вещества. Они накапливаются в органах растений при неблагоприятных условиях и обеспечивают устойчивость вида.

В степных зонах для полыни хорошим биоиндикационным признаком являются фенольные соединения, чем объясняется доминирование этого растения на исследуемой территории. Наличие фенольных веществ влияет на окраску растения. Разнообразие окрасок флавоноидных пигментов в растительном мире связано с изменением pH, а также наличием солей тяжелых металлов. Изменение окрашивания различных органов в неблагоприятных условиях среды связано с усилением интенсивности защитных окислительных процессов. Ионы тяжелых металлов являются определяющим фактором в протекании окислительных процессов в клетке, вследствие которых образуются определенные комплексы, приводящие к перестройке оксохиноидных форм пигментных веществ в растительном организме.

Степень участия иона металла в этих перестройках зависит от его фундаментальных физико-химических характеристик. Аккумуляция тяжелых металлов связана с их физико-химическими свойствами (значение нормального потенциала, электроотрицательности). Вышеназванные свойства влияют на образование прочных соединений тяжелых металлов с рядом функциональных группировок на поверхности и внутри клеток, а именно, электроотрицательность может влиять на легкость взаимодействия металла с протоплазмой [5].

Целью и задачей исследований является разработка способа защиты почв от загрязнения тяжелыми металлами, с использованием в качестве аккумуляторов тяжелых металлов многолетние растения, как биоиндикаторов для оценки почвенного плодородия.

Материал и методы

В прилегающей территории Карачаганакского нефтегазового месторождения растительный покров представлен следующими ассоциациями: житняковая, белопольнно-житняковая, белопольнно-польнковая, горькопольнно-тысячелистниковая. Преобладающими видами растений являются: полынь белая, марь белая, ширица, тысячелистник, молокан татарский, молочай Сегье, молочай прутьевидный. Определение критериев экологического состояния почвенного и растительного покровов прилегающей к месторождению территории по общепринятым методикам. Для выявления влияния месторождения на почвенный и растительный покровы, проведены обследования территории на разных расстояниях от источника загрязнения (в контуре месторождения и на границе санитарно-защитной зоны) по четырем направлениям с учётом розы ветров. Рассчитаны транслокационные показатели переноса загрязнителя в полыни и в молочае на основе соотношений концентраций тяжелых металлов в растительных и почвенных образцах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Анализ экспериментальных данных растительных образцов показывает накопление молибдена и никеля в первую очередь. Высокая подвижность Ni в почве оказывает значительное влияние на его содержание в растениях, т.к. из литературных источников известно, что никель из почв легко переходит в растения, где его концентрация может быть даже больше, чем в почвах, на которых они растут [6]. Наряду с этим при проведении нами исследований наблюдается накопление молибдена в растениях, хотя его содержание в почве невелико. Для характеристики барьерной функции растений используется коэффициент биологического поглощения (КБП). Величина КБП показывает степень «биофильности» химических элементов, а ее изменение – уровень техногенной нагрузки на почву. Рассчитанные данные КБП по анализируемым металлам дали возможность классифицировать их по группам: Zn – к группе элементов сильного накопления; Co, Mn, Cu, Ni, Mo – к группе элементов слабого накопления и среднего захвата; Pb – к группе элементов очень слабого захвата.

На основании данных транслокационных показателей и сопоставление с коэффициентами биологического поглощения установлено, что наиболее легко проникающими в клетки растений являются медь, никель, марганец, молибден и кобальт. Усвоение вышеназванных металлов растительными организмами связано с фундаментальными характеристиками этих металлов, такими как электроотрицательность и электродный потенциал. За счет которых они вовлекаются в окислительно-восстановительные процессы в клетках. В полыни и молочае взятых как доминантные растения в качестве объектов исследования проявляется защитный механизм против накопления в организме цинка, меди и кобальта. Количество меди перешедшей из почвы в растение меньше, чем количество цинка. На основании полученных результатов по накоплению тяжелых металлов особенно отчетливо для полыни можно привести ряд по содержанию тяжелых металлов в надземной и корневой фитомассе всех исследуемых территорий: Mo> Ni>Mn>Zn>Fe>Pb>Co>Cu.

Косвенным доказательством проявления защитной реакции растительными организмами является накопление фенольных веществ. Повышенное содержание фенольных веществ в полыни наблюдается как в листьях, так и в корнях в контуре месторождения в направлениях север, восток запад, и на границе санитарно-защитной зоны в южном направлении. В молочае ярко выраженной закономерности не выявлено (рисунки 1, 2).

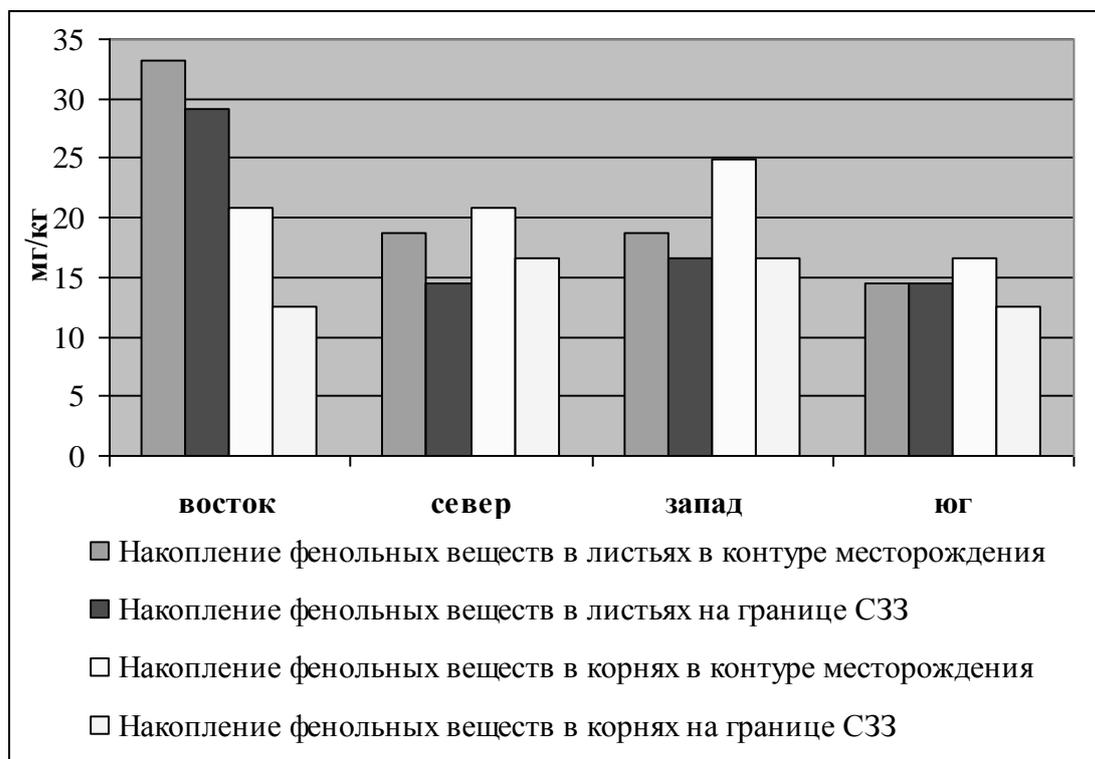


Рис. 1. Накопление фенольных веществ в полыни

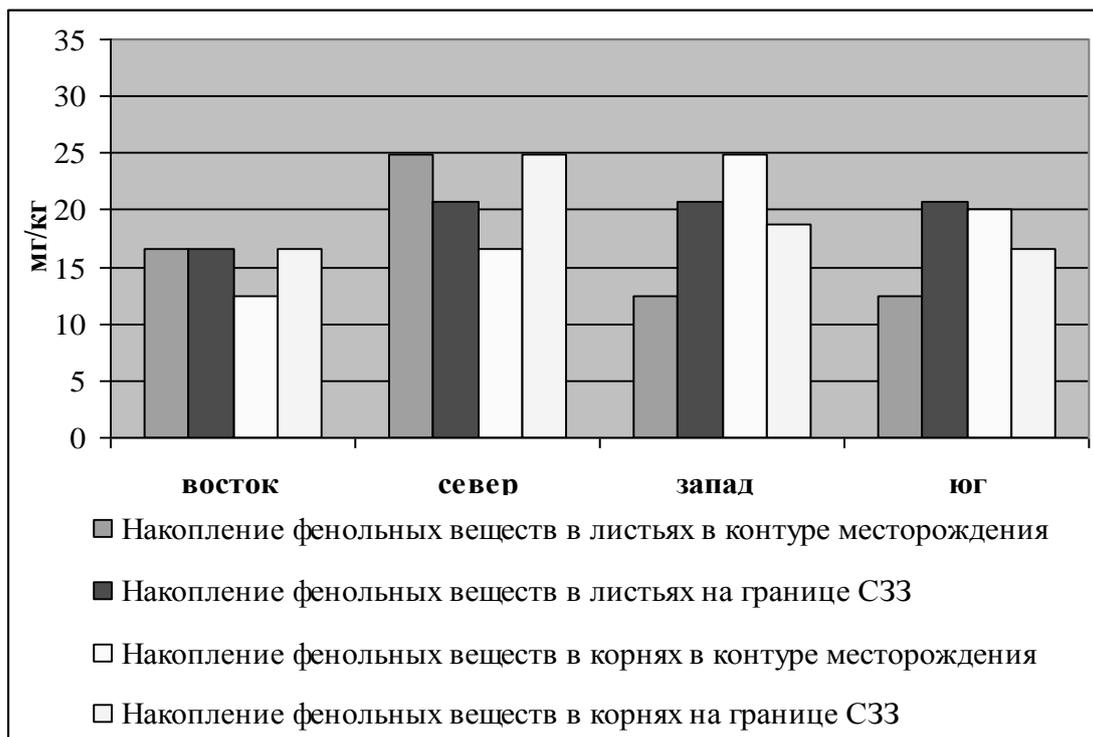


Рис. 2. Накопление фенольных веществ в молочае

Экспериментальные данные позволили установить диагностические показатели биоиндикации: транслокационный показатель и коэффициент биологического поглощения. Транслокационный показатель элементов находится в пределах вариабельности группы биологического поглощения. Содержание тяжелых металлов в почве и их накапливаемость в растениях соответствует норме. Растения характеризуется той или иной степенью резистентности по степени накопления ионов тяжелых металлов.

Почвы изучаемой территории содержат повышенные концентрации никеля, свинца, цинка. Повышенное содержание никеля в почвах объясняется тем, что данный элемент сопутствует газонефтеносным пластам, а содержание свинца и цинка объясняется антропогенным влиянием.

На основании данных коэффициентов биологического поглощения установлено, что наиболее легко проникающими в клетки растений являются медь, никель, марганец, молибден и кобальт. Усвоение вышеназванных металлов растительными организмами связано с фундаментальными характеристиками этих металлов, такими как электроотрицательность и электродный потенциал, за счет которых они вовлекаются в окислительно-восстановительные процессы в клетках. В полыни и молочае, взятых как доминантные растения в качестве объектов исследования, проявляется защитный механизм против накопления в организме цинка, меди и кобальта.

Содержание металлов в растениях – надежный индикатор подвижности металлов в почвах. Судить о существовании барьерных механизмов растений в отношении загрязнителей можно лишь при наличии возмущений и распределении металлов по органам растений (КБП и ТП). Для характеристики барьерной функции растений можно использовать коэффициент биологического поглощения (КБП), представляющий собой от деления количества химического элемента в золе растений на его содержание в почве. Величина КБП показывает степень «биофильности» химических элементов, а ее изменение – уровень техногенной нагрузки на почву. Более объективным критерием в оценке барьерных функций металлов является коэффициент накопления (ТП), который отражает миграционную способность подвижных форм металла [7].

Основную барьерную функцию по снижению поступления ТМ в растениях выполняют корни. При проникновении металла в корни растений происходит хелатирование и как следствие уменьшение подвижности [8, 9, 10]. Существует определенный механизм, регулирующий накопление, и распределение тяжелых металлов в растениях между корнями и надземными органами. Наблюдается определенная закономерность микроэлементов в подземной массе растений. Чем меньше кларковое содержание микроэлементов в почве, тем выше накапливаемость их в почве и в растениях. Тяжелые металлы, являясь микроэлементами, вовлекаются в малый круговорот веществ в биогеоценозах. Характер накопления и распределения тяжелых металлов в системе почва-растение зависит от его кларкового содержания, коэффициента биологического поглощения.

Выводы

В результате проведенных многолетних исследований, выявлено, что максимальное количество меди, цинка, свинца, кобальта и других тяжелых металлов в исследуемых растениях наблюдается в начале периода вегетации – фазы стеблевания. С учетом полученных данных разработан и реализован способ защиты почв от загрязнения тяжелыми металлами. На территории загрязненной тяжелыми металлами или подверженной загрязнению, вследствие выбросов промышленных предприятий, проводятся агротехнологические приемы, включающие боронование для выравнивания поверхности почвы и закрытия влаги, посев многолетних травянистых растений, являющихся естественными аккумуляторами тяжелых металлов – полынь белая, (*Artemisia absinthium* L.), молочай Сегье и молочай прутьевидный (*Euphorbia seguieana* Neck., *Euphorbia virgata* Waldst. et Kit.), через 8-10 дней культивацию почвы для подрезания и дружного, равномерного отрастания растений. Затем производится укос надземной части травянистых растений в начале фазы стеблевания, в последующем по мере отрастания. Многократное скашивание надземной части растений способствует очистке почвы от загрязнения тяжелыми металлами и от сорных растений, так что в дальнейшем можно проводить посев смеси кормовых трав.

Список литературы / References

1. *Марченко А.О.* Реализация морфогенетического потенциала растительных организмов: калибровочный подход // *Общая биология*, 1999. Т. 60. С. 654-666.
2. *Лобачева А.А.* Техногенная трансформация почвенно-растительного покрова в зоне влияния нефтеперерабатывающего предприятия: Автореф. дис....канд. биол. наук. Самара: Сам. ГУ, 2007. 20 с.
3. *Яппаров А.Х., Дегтярева И.А., Хидиятуллина А.Я.* Комплексный подход к рекультивации нефтезагрязненных почв // *Современные проблемы науки и образования*, 2012. № 1. Электронный научный журнал. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://science-education.ru/> (дата обращения: 07.09.2017).
4. *Обущенко С.В., Гнеденко В.В.* Мониторинг содержания микроэлементов и тяжелых металлов в почвах Самарской области // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 2014. № 7. С. 30-34.
5. *Пищик В.Н., Воробьев Н.И., Проворов Н.А., Хомяков Ю.В.* Механизмы адаптации растений к тяжелым металлам. // *Агрофизика*, 2015. № 2. С. 38-46.
6. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. М.: Просвещение, 1999. 260 с.
7. *Williams L.E., Pittman J.K., Hall J.L.* Emerging Mechanisms for Heavy Metal Transport in Plants // *Biochim. Biophys. Acta*, 2000. V. 1465. P. 104-126.
8. *Кудряшова В.И.* Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими растениями: Дисс.... канд. биол. Наук. Саранск, 2003. 144 с.
9. *Башмаков Д.И.* Аккумуляция тяжелых металлов некоторыми высшими растениями в разных условиях местообитания. // *Агрохимия*, 2002. № 9. С. 66-71.
10. *Постников Д.А.* Аккумуляция тяжелых металлов корневищами растений пиона при техногенном воздействии на почвенный ценоз. // *Известия Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева*, 2005. № 3. С. 187-190.