

2. Баранов А.В. ЗАО «Спектроскопические системы», Москва // Аналитика, № 4 (17), 2014, С. 36-38.
3. Инструкция по эксплуатации прибора «ЛАЭС Матрикс Континуум».
4. Кремерс Д., Радziemски Л. Лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия. Москва, «Техносфера», 2009 – 360 с.
5. Малышев В.П. Вероятностно-детерминированное отображение. Караганда, Из-во «Гылым», 1994 – 373 с.

Колосов Р.А., Карагандинский государственный университет имени академика Е.А.Букетова, биолого-географический факультет, гр. БН32, студент
(*Научный руководитель - А.Е. Конкабаева, д.м.н., профессор; Д.Ю. Сирман, магистр*)

ТОКСИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ НА ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

Известно, что тяжёлые металлы, такие как железо, медь, цинк, молибден, участвуют в биологических процессах и в определенных количествах являются необходимыми для функционирования растений, животных и человека микроэлементами. С другой стороны, тяжёлые металлы и их соединения могут оказывать вредное воздействие на организм человека, способны накапливаться в тканях, вызывая ряд заболеваний.

Одним из существенных источников загрязнения тяжёлыми металлами (ТМ) окружающей среды Центрального Казахстана являются промышленные объекты. В процессе всех миграций происходит необратимое увеличение концентраций химических элементов в воде, почве, растениях и пище. В ходе этого происходит аккумуляция ТМ в организмах с последующими изменениями в метаболических процессах.

Имеющиеся данные по влиянию ТМ на организм неоднозначны. В частности, отмечается, что биоаккумуляция ТМ в рыбе, морепродуктах, которые составляют важную часть рациона жителей Северной Америки, оказывала влияние на ухудшение развития визуальной обработки информации у школьников [1]. В экспериментальных исследованиях на животных подтверждена нейротоксичность избытка железа при добавлении в рацион крыс [2]. Существуют доказательства нейротоксичности Cu, Zn при их избыточном поступлении в организм [3]. В связи с этим, целью наших исследований явилось изучение влияния соединений меди на поведение животных.

Материалы и методы. Отбор проб почв производился в направлении господствующих ветров (по розе ветров) в 2 км от санитарной зоны промышленных объектов.

Исследования на животных были проведены в два этапа. Первый этап включал исследование влияния растительной пищи полученной на территориях дачных массивов находящиеся в санитарной зоне промышленных предприятий, на поведенческие реакции экспериментальных животных. Второй этап был посвящен изучению влияния ацетата меди на поведение экспериментальных животных.

Опыты проведены на 30 белых беспородных крысах с массой 166 - 200 г. Животные были одного возраста и содержались в условиях вивария со свободным доступом к пище и воде. При выполнении работы были соблюдены этические принципы, изложенные в Директиве Европейского Сообщества (86/609ЕС) и требованиях Всемирного общества защиты животных (WSPA). На каждом этапе были сформированы группы животных. Первый этап включал следующие группы: 1 – контрольная, которые кормились овощами полученные в поселке Мичурино, Абайского района. Вторая группа кормилась овощами полученные на дачных массивах города Балхаш. Третья группа кормилась овощами полученные на дачных массивах города Жезказган. Четвертая группа кормилась овощами полученные на дачных массивах города Темиртау.

На втором этапе были образованы следующие группы. Первая — контрольная группа, особи которой получали стандартный рацион без внесения соединений меди из расчёта на

одну особь (30 грамм твёрдого корма, 10 грамм овощей и 20 мл воды). Вторую группу составили животные, которым через рот вводился водный раствор ацетата меди (2 мг на одну особь).

Поведенческие реакции и психоэмоциональный статус белых крыс определялись с помощью теста «открытое поле» и «приподнятый крестообразный лабиринт». Фиксировались результаты поведенческих тестов до начала кормления, через 1 и 2 месяца эксперимента. Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2007.

Результаты и их обсуждение.

Результаты исследования почвенных проб. При исследовании содержания металлов в верхнем слое почвы (8-10 см) на расстоянии 2000 м от медеплавильного комбината содержание меди превышало ПДК в 10,6 раз ($p < 0.001$). Полученные результаты свидетельствуют о высоком уровне загрязненности медью проб почв, отобранных на расстоянии 2 км от комбината (таблица 1).

Таблица 1 - Содержание основных металлов в почвенных пробах, собранных на расстоянии 2 км от санитарных зон промышленных объектов городов Балхаш, Жезказган, Темиртау.

Наименование объекта	Содержание химических элементов, мг/кг		
	Cu	Zn	Pb
ПДК для почвы	3,0	23,0	32,0
Балхаш	48,8±0,4***	5,2±0,2	-
Жезказган	44,1±0,03***	15,8±0,06	-
Темиртау	0,2±0,01	20,9±0,05	34,5±0,1*

Примечание: * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$

В пробах почв, собранных на расстоянии 2000 м обнаружено высокое содержание меди, значительно превышающее ПДК в 14,7 раз. Проведенный анализ проб почвы верхнего слоя свидетельствует о высоком уровне загрязнения почвы санитарной зоны медью. Данные полученные в результате анализа свидетельствуют о высоком загрязнении верхнего слоя почв в окрестностях г. Жезказган, что может привести к кумуляции их по цепочке почва-растения-животные-человек и возникновению неспецифических соматических болезней не ясной этиологии.

В пробах почв на расстоянии 2000 м от санитарной зоны металлургического комбината г. Темиртау наблюдалось превышение ПДК по кадмию и свинцу. Наблюдается мозаичность загрязнения почвенного покрова ТМ. Обнаруженные факты безусловно связаны с направлением розы ветров [4].

Результаты исследования растительных проб. Влияние избытка тяжелых металлов на растения может быть как прямым, так и косвенным. Прямое влияние связано с непосредственным накоплением металлов растениями. Косвенное – с негативным воздействием ТМ на состав и свойства почвы, на ее плодородие. Содержание в почве ТМ и сопряженная с этим транслокация их в растения сложный процесс. Изучение реакции растений на загрязнение среды ТМ и особенности кумуляции ТМ в культурных растениях является одной из задач биологического мониторинга окружающей среды. В предыдущих исследованиях было изучено содержание ТМ в различных овощах, собранных в дачных массивах промышленных регионов (таблица 2).

Таблица 2 - Содержание химических элементов в моркови, собранной в дачных массивах

Место сбора проб	Содержание химических элементов, мг/кг			
	Fe	Cu	Zn	Pb
ПДК для овощей	50	5,0	10,0	0,5
Балхаш	34,3±0,03	56,3±0,04****	14,3±0,01*	-
Жезказган	36,8±0,02	64,4±0,05****	13,6±0,02*	0,4±0,01
Темиртау	45,6±0,01	4,6±0,01	53,2±0,02****	1,8±0,002**

Примечание: *p<0,05, **p<0,01, ****p<0,0001

Определение накопления ТМ в овощах, выращенных в дачных массивах г.Балхаш позволило выявить превышение меди в концентрациях превышающих ПДК в десятки раз. Содержание цинка в моркови также достоверно превышало ПДК (p<0.05). Результаты исследования содержания ТМ в овощах из дачного массива г.Жезказган позволило выявить превышение ПДК по меди в моркови в 12,8 раза (p<0,0001). Достоверное превышение ПДК было также обнаружено по цинку. Определение содержания ТМ в овощах, собранных в дачных массивах г.Темиртау обнаружило достоверное превышение по содержанию цинка в моркови (5,3 раза). Кроме того, в овощах г.Темиртау наблюдалось накопление свинца, уровень которого превышал ПДК в моркови в 3,6 раз.

На основании полученных результатов исследований установлено, что все собранные растения в той или иной мере накапливают элементы в процессе роста. Причем растения, произрастающие на загрязненной промышленными выбросами территории, содержат в своих частях ТМ в концентрациях, превышающих ПДК в десятки раз и накапливают именно те элементы, содержание которых в воде и в почвах превышает фоновые [4].

Результаты исследования влияния ТМ в овощных культурах на поведенческие реакции. Вокруг промышленных городов, как правило, располагаются летние дачные массивы, в которых население выращивает большое количество культурных растений, как для личного пользования, так и для продажи. Однако качество этих растений остается не изученным до сих пор. Поэтому, на первом этапе исследования нашей целью являлось изучение нейротоксичности культурных растений, собранных в окрестностях вышеописанных промышленных регионов.

При проведении теста «открытое поле» через три месяца эксперимента было зафиксировано достоверное уменьшение исследовательской активности, увеличение длительности замирания и числа актов дефекации во всех группах (таблица 3).

Таблица 3 - Поведение животных в тесте «Открытое поле» (3 мес./секунды)

Показатели	Контроль		2 группа		3 группа		4 группа	
	Фон	3 месяц	Фон	3 месяц	Фон	3 месяц	Фон	3 месяц
Исслед. активность	54,8±14,1	34,2±13,4	38,1±9,6	21,3±13,8	40,8±14,8	14,3±9,7	48,8±13,8	15,2±12,9
Реакция замирания	71,7±40,6	126,2±61,3	84,3±68,3	179,6±59,5	35,2±19,8	161,3±80,7	33,3±25,1	200,3±90,3
Дефекация, кол-во актов	0,6±0,5	1,3±0,4	1,7±1,2	5,6±1,8	2,2±1,2	1,2±0,6	1,8±0,8	2,8±1,4

Примечание: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Результаты первой группы в тесте «открытое поле» демонстрируют незначительное уменьшение продолжительности исследовательской активности, снижение фризинга и дефекации, по сравнению с трёхмесячными показателями, что может свидетельствовать о повышении толерантности к тяжёлым металлам, содержащимся в составе овощей и

активизации адаптационных механизмов организма животных. Во второй и третьей группах животных показатели имеют отрицательную динамику, отражающую отсутствие толерантности к тяжёлым металлам в составе овощей [5].

При сравнении полученных данных с фоновыми значениями исследуемых групп, отмечается снижение времени исследовательской активности во всех группах. Наибольшее снижение отмечено у четвертой группы, где снижение составило 78,9%. Наименьшее снижение зафиксировано у первой группы 37,6%. При анализе времени реакции замирания мы наблюдаем повышение данных показателей во всех четырех группах. Так у четвертой группы время реакции замирания повысилось в 6 раз, у третьей группы данный показатель повысился в 4,6 раза, во второй группе в 2,1 раза, в первой группе в 1,7 раза.

При исследовании поведения животных в ПКЛ было обнаружено достоверное увеличение времени пребывания в ОР всеми опытными группами, по сравнению с контролем: в 2, 3.3 и 1.5 раза для Балхаша, Жезказгана и Темиртау соответственно (рисунок 1).

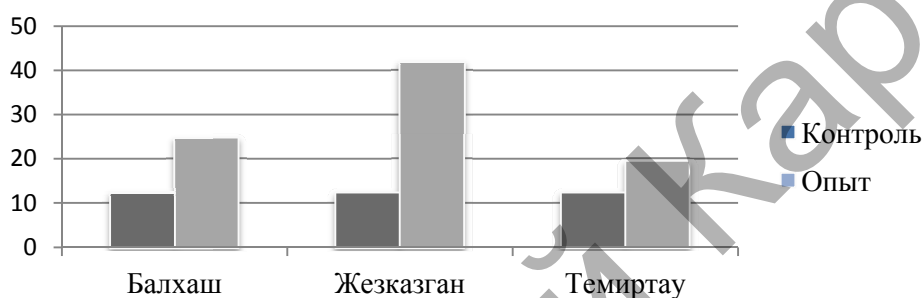


Рисунок 1 - Время посещения открытого рукава (3 мес./секунды)

Оценка риска у крыс в тесте «приподнятый крестообразный лабиринт» достоверно увеличивалась соответственно продолжительности эксперимента, а время пребывания в ОР увеличивалось, однако это может быть обусловлено и общей активизацией тормозных процессов в ЦНС.

Результаты исследования влияния меди на поведенческие реакции. Поскольку проведённые ранее исследования не только подтвердили наличие ТМ в почве и растениях, а также их воздействие на организм животных, но и показали значительное доминирование меди, по сравнению с остальными растениями, в растениях, было решено проверить влияние меди на поведение животных, в отсутствие других видов тяжелых металлов.

Сравнение полученных данных с фоновыми значениями показывают, что динамика как и по времени исследовательской активности, так и по времени реакции замирания одинакова. В первый месяц эксперимента показатели времени исследовательской активности, как у опытной группы, так и у контрольной падают. При чем, у опытной группы падение составило всего 10,2%, а у контрольной 73%. Время реакции замирания у двух групп наоборот повышается. Так у контрольной группы время замирания повысилось в 1,9 раза, а у опытной группы в 9.6 раза. Результаты теста ОП свидетельствуют о достоверном увеличении времени замирания и числа актов дефекации через 1 месяц введения соединений меди в организм крыс. При этом время исследовательской активности опытных животных находится в пределах среднего отклонения данных контрольных и опытных групп. Время реакции замирания у животных опытной группы наоборот выше по сравнению с данными контрольной группы на 36,6 %. У животных опытной группы также отмечается снижение среднего отклонения данных по времени замирания в сравнении с контрольной группой, разница по данному показателю составляет 34,5%. Стоит отметить достоверное увеличение актов дефекации опытных животных, по отношению к контрольной группе (таблица 3).

Таблица 4 - Поведение животных в тесте «открытое поле» (секунды)

Показатели	Фон		1 месяц		3 месяца	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
Исслед. активность	54,8±14,1	17,8±12,9	14,8±10,2	16,0±9,5	34,2±13,4	26,4±12
Реакция замиранья	71,7±40,6	19,8±11,4	139,4±57,5	190,5±37,7	126,2±61,3	83,7±49,6
Дефекация, кол-во актов	0,6±0,5	0,4±0,4	1,0±0	1,6±0,8	1,3±0,4	1±0,4

Примечание: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Через 2 месяца показатели исследовательской активности увеличились по сравнению с данными первого месяца исследования. Так, время исследовательской активности у животных контрольной группы повысилось в 2,3 раза, а у опытной группы в 1,6 раза. Разница показателей времени исследовательской активности между группами составила 22,9%. Показатели времени реакции замиранья у животных опытной и контрольной групп уменьшились по сравнению с первым месяцем. У контрольной группы снижение по данному показателю составило 9,7%, а у животных опытной группы данный показатель снизился на 66%. При этом время реакции замиранья у животных опытной группы было меньше значений контрольной группы. Разница значений по данному показателю у групп составила 43,7%. (таблица 2).

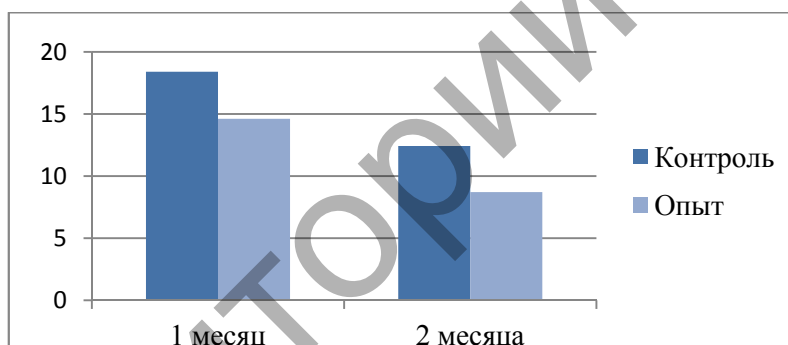


Рисунок 2 – Время посещения открытого рукава (секунды)

В ходе изучения поведения крыс в ПКЛ были зафиксировано снижение времени посещения ОР как у контрольной группы так и у опытной. При этом время посещения ОР опытной группой через 1 и 2 месяца эксперимента было на 21% и 30% соответственно по сравнению с данными контрольной группы (рисунок 2).

Заключение. Данные исследований показывают прямую взаимосвязь между накоплением меди, свинца и цинка в растительных тканях растений и содержанием данных элементов в почве. Тяжелые металлы при их попадании в организм животных опосредовано через растения, содержащие тяжелые металлы в количествах превышающие ПДК, влияют на основные поведенческие реакции животных. Влияние соединений меди (уровень ПДК) на поведение животных на второй месяц, имеет иную картину по сравнению с поведением животных поедающих комплекс тяжелых металлов с растительным кормом.

Литература:

- [1] Audrey-Anne Ethiera, Gina Muckleb, Célyne Bastienb, Éric Dewaillyc, Pierre Ayottec, Cynthia Arfkene, Sandra W. Jacobsonе, Joseph L. Jacobsonе, Dave Saint-Amoura. Effects of environmental contaminant exposure on visual brain development: A prospective electrophysiological study in school-aged children // *NeuroToxicology*, 2012. – №33. – P. 1075–1085.
- [2] Robert O. Wright, Andrea Baccarelli. Metals and Neurotoxicology // *J. Nutr.*, 2007. – №12. – P. 2809-2813.

3. [3] Prohaska JR. Long-term functional consequences of malnutrition during brain development: copper. Nutrition. 2000. – № 16. – P. 502–504.

4. [4] А.Е. Конкабаева, М.Ю. Ишмуратова. Оценка накопления тяжёлых металлов в почве, воде и растениях промышленных регионов Карагандинской области: монография. – Караганда: Полиграфист, 2016. – 112 с.

5. [5] А.Е. Конкабаева, Б.А. Канафина, Б. Толеш, Р.А. Колосов. Динамика поведенческих реакций у крыс при длительном кормлении овощами, выращенными в дачных массивах промышленных регионов Центрального Казахстана: конференция «Проблемы и перспективы развития науки и образования в XXI веке», София, 2017.

Комерист Е.В., Баранников Р. В. Карагандинский государственный университет имени академика Е.А. Букетова, химический факультет, гр. ХТНВ-42, студенты.
(Научный руководитель-к.х.н., доцент Фомин В. Н.)

СОВМЕСТНОЕ ОСАЖДЕНИЕ СУКЦИНАТОВ В СИСТЕМЕ SR-BA-HG-CU

Многоэлементные оксиды, содержащие Sr-Ba-Hg-Cu являются известными сверхпроводящими системами, обладают другими ценными электро-физическими свойствами. Получение таких многоэлементных оксидов возможно с помощью химического соосаждения. Нам представлялось интересным изучить в качестве осадителя янтарную кислоту, поскольку произведения растворимости большинства сукцинатов неизвестно и сильно зависит от большого количества различных внешних факторов, в том числе в присутствии других ионов в системе. Для изучения зависимости состава осадка раствора нужно прибегнуть к планированию эксперимента, который позволяет обеспечить необходимые нам результаты в кратчайшие сроки: получить математические формулы зависимости состава осадка от состава и условий осаждения реакционной смеси.

В соответствии с планом эксперимента были проведены 16 опытов при различных соотношениях, получены осадки, проведен химический анализ, с помощью атомно-эмиссионного спектрофотометра определили количественный состав осадка. Данные по соотношению элементов в осадке использовались для получения формул связывающих исходные соотношения конечными, получены 3 формулы. Одновременное решение этих трех уравнений позволяет математически вычислить условия необходимые для получения осадка заданного состава.

Вычисленные математические уравнения для системы Sr-Ba-Hg-Cu

$$\frac{Cu}{Ba} = \frac{136,7e^{-20,75X_2} X_1^{1,18} * 1,323e^{-0,2999X_2} X_2^{1,694}}{1,9909} \times \frac{3,044e^{-0,7708X_3} X_3^{0,6325} \frac{1}{0,8146 - 0,009925X_4}}{1,9909}$$

$$\frac{Cu}{Sr} = \frac{0,02988e^{10,4X_1} X_1^{-1,207} * 0,9284e^{0,5162X_2} X_2^{-0,9007}}{3,5319} \times \frac{0,4046e^{0,9401X_3} X_3^{0,4519} * 0,7144e^{0,7572X_1} X_4^{-1,168}}{3,5319}$$

$$\frac{Cu}{Hg} = \frac{10,25e^{-5,751X_1} X_1^{0,7518} * 0,7828e^{0,1679X_2} X_2^{-0,1878}}{0,8287} \times \frac{1,03e^{-0,08233X_3} X_3^{0,077686} * 0,5518e^{0,07686X_4} * X_4^{0,6125}}{0,8287}$$

Значимости коэффициентов нелинейной множественной корреляции во всех случаях превышают 2, что говорит о возможности использования полученных уравнений. Одновременное решение этих уравнений методом перебора значений переменных было выполнено на ЭВМ с помощью специально разработанной программы. В результате