

Накопление тяжёлых металлов в экосистеме «почва – растения» *Melampyrum arvense* L. степной зоны оренбургского Предуралья

А.А. Дрогайцева, аспирантка,

Г.В. Петрова, д.с.-х.н., профессор, Оренбургский ГАУ

Из значительного разнообразия растений, встречающихся в Оренбуржье [1], наше внимание привлекли виды рода *Melampyrum* L. – марьяник, семейства *Scrophulariaceae* J., практически не используемые в научной медицине, но широко применяемые в народной медицине края [2].

Среди растений рода марьяник наибольшее распространение в центральных и западных районах Оренбуржья имеет марьяник полевой – *Melampyrum arvense* L. [3].

Слабая изученность биологических особенностей вида, широкое распространение в регионе и применение в народной медицине послужили поводом к настоящему исследованию.

Цели исследования – изучить влияние местообитаний на содержание тяжёлых металлов в надземной части растения; определить коэффициент транслокации тяжёлых металлов в системе «почва – растения»; исследовать содержание ПДК тяжёлых металлов в сырье растения.

Материалы и методы исследования. Для настоящего исследования был осуществлён сбор растительного сырья (трав) марьяника полевого и почвы в местах обитания вида с двух различных по антропогенной нагрузке территорий (табл. 1).

Первым местом сбора объектов исследования были выбраны остепнённые луга в пойме среднего течения реки Урала (окрестности с. Каменноозёрного Оренбургского р-на) – условно экологически чистая зона. Вторым участком для сбора растений и почвы был остепнённый суходольный луг – полигон захоронения жидких отходов предприятия «Газпром добыча Оренбург» (зона влияния Оренбургского гелиевого завода).

Места исследования были выбраны в зависимости от их расположения и направления преобладающих ветров. С. Каменноозёрное располагается в восточной части Оренбургского района, а гелиевый и газоперерабатывающий заводы размещены в западной его части. Анализ розы ветров показал, что в течение года здесь преобладают восточные ветра, т.е. ветра, дующие от с. Каменноозёрного в направлении к гелиевому и газоперерабатывающему заводам. Следовательно, отходы и выбросы, в том числе тяжёлые металлы, образующиеся в процессе деятельности заводов, незначительно влияют на исследуемые растительные сообщества и биологические особенности видов, произрастающих в экологически благоприятных зонах.

Тем не менее антропогенный фактор оказывает негативное влияние на все системы биосферы.

При этом особенно опасными являются тяжёлые металлы.

Многие тяжёлые металлы в оптимальных дозах являются эссенциальными для растений и животных, выполняя жизненно важные функции в физиологических процессах организмов и в биосфере [4–6].

Повышенное количество тяжёлых металлов, поступающих в живые организмы, оказывает токсическое действие, способствуя проявлению различных патологий в объектах биосферы [7].

Исследование растений и почв на содержание тяжёлых металлов проводили атомно-абсорбционным методом (ГОСТ 30692–2000) в межкафедральной аналитической лаборатории Оренбургского государственного аграрного университета.

В связи с отсутствием нормативов ПДК загрязнителей – тяжёлых металлов для лекарственного растительного сырья в ресурсоведении используют данные, принятые для овощной продукции (Сан-ПиН 2.3.2.1778.01).

Результаты исследований.

1. Содержание тяжёлых металлов в траве марьяника полевого степной зоны оренбургского Предуралья, мг/кг

Место произрастания	Тяжёлые металлы			
	Zn	Cu	Pb	Ni
Остепнённые луга в пойме р. Урала (окрестности с. Каменноозёрного Оренбургского района)	3,03	0,04	3,12	0,43
Суходольный луг (полигон в 2 км от ОГПЗ-ССЗ)	2,45	0,08	5,07	0,63

Сравнивая содержание тяжёлых металлов в траве марьяника полевого в различных местах обитания, можно сделать вывод о том, что наименьшую концентрацию (окр. с. Каменноозёрного) имеет медь, а наибольшую концентрацию в растениях свинец – 3,12 мг/кг. В траве марьяника полевого, собранного на территории полигона, также преобладает свинец (5,07 мг/кг), в наименьшей концентрации обнаружена медь (табл. 1).

Большее содержание тяжёлых металлов (медь, свинец, никель) отмечено на территории суходольного луга. Концентрация цинка в растениях, произрастающих на остепнённых лугах (окр. с. Каменноозёрного), наоборот, больше, чем на территории полигона. Содержание свинца превышает нормативы ПДК в сырье, собранном в обоих местообитаниях.

Исследования содержания тяжёлых металлов в почве различных местообитаний показали отличие в их содержании в объектах (табл. 2).

2. Концентрация тяжёлых металлов в почве с разных местообитаний, мг/кг

Место произрастания	Тяжёлый металл			
	Zn	Cu	Pb	Ni
Остепнённые луга в пойме р. Урала (окрестности с. Каменноозёрного Оренбургского района)	3,25	0,1	3,14	0,47
Суходольный луг (полигон в 2 км от ОГПЗ-ССЗ)	2,63	0,13	5,1	0,66

При сравнении полученных результатов по содержанию тяжёлых металлов в почве отмечено, что наименьшую концентрацию на остепнённых лугах (окр. с. Каменноозёрного) имеет медь — 0,1 мг/кг, а наибольшую свинец — 3,14 мг/кг. На суходольных лугах (полигон) почва концентрирует свинец в повышенном количестве — 5,1 мг/кг. Здесь же наименьшую концентрацию имеет почва по содержанию меди — 0,13 мг/кг.

Для определения интенсивности и степени опасности загрязнения почвы и растений химическими элементами был рассчитан коэффициент техногенной концентрации элемента и суммарный показатель загрязнения почв. Коэффициент техногенной концентрации представляет показатель, характеризующий степень загрязнения ассоциации элементов относительно фона (табл. 3).

3. Коэффициент техногенной концентрации для марьянника полевого, собранного на остепнённых лугах (окр. с. Каменноозёрного)

Металл	Фактическая концентрация, мг/кг	Фоновая концентрация, мг/кг	Кс
Zn	3,03	5,5	0,55
Cu	0,04	2,6	0,01
Pb	3,12	1,2	2,6
Ni	0,43	9,8	0,04

Согласно проведённым нами расчётам выявлено, что коэффициент техногенной концентрации цинка, меди и никеля в растениях, произрастающих на остепнённых лугах (окр. с. Каменноозёрного) не превышает единицы, это указывает на барьер аккумуляции химических элементов (табл. 4) [8]. Коэффициент техногенной концентрации свинца превышает единицу и равен 2,6 мг/кг, что свидетельствует о повышенном содержании свинца в растении.

Нами также рассчитан коэффициент техногенной концентрации для исследуемого растения, встречающегося на суходольных лугах (табл. 4).

Приведённые расчёты показывают, что коэффициент техногенной концентрации цинка, меди и

4. Коэффициент техногенной концентрации, рассчитанный для марьянника полевого, собранного на суходольных лугах

Металл	Фактическая концентрация, мг/кг	Фоновая концентрация, мг/кг	Кс
Zn	2,45	5,5	0,44
Cu	0,08	2,6	0,03
Pb	5,07	1,2	4,23
Ni	0,63	9,8	0,06

никеля в растениях, произрастающих на территории полигона, не превышает единицы, что указывает на барьер накопления химических элементов. Этот же показатель концентрации свинца превышает единицу и равен 4,23 мг/кг, что свидетельствует о повышенном содержании свинца в растении.

Сравнивая коэффициент техногенной концентрации свинца в растениях, собранных с различных территорий, мы установили, что данный показатель больше в растениях (разница составляет 1,63 мг/кг), произрастающих на территории полигона, чем в растениях, собранных на территории остепнённых лугов.

5. Коэффициент техногенной концентрации и суммарный показатель загрязнения почв на остепнённых лугах (окр. с. Каменноозёрного)

Металл	Фактическая концентрация, мг/кг	Фоновая концентрация, мг/кг	Кс	Zc
Zn	3,25	5,5	0,59	1
Cu	0,1	2,6	0,04	
Pb	3,14	1,2	2,61	
Ni	0,47	9,8	0,05	

При исследовании почв на остепнённых лугах установили, что коэффициент техногенной концентрации цинка, меди и никеля почвы остепнённых лугов в пойме реки Урала (окрестности с. Каменноозёрного Оренбургского района) не превышает единицы (табл. 5). Коэффициент техногенной концентрации свинца превышает единицу и равен 2,61 мг/кг, что указывает на повышенное содержание свинца в почве. Показатель загрязнения почв на остепнённых лугах указывает на незначительное их загрязнение.

Показатель загрязнения почв, взятых для исследования с территорий полигона, различен для всех элементов (табл. 6).

Приведённые нами расчёты показали, что коэффициент техногенной концентрации цинка, меди и никеля в почве территории суходольного луга не превышает единицы, т.е. имеет незначительный характер (табл. 6). Коэффициент техногенной концентрации свинца превышает единицу и равен 4,25 мг/кг, что говорит о повышенном содержании свинца в почве. Сравнивая коэффициент техногенной концентрации свинца в почве различных

6. Коэффициент техногенной концентрации и суммарный показатель загрязнения для почв суходольного луга (полигон в 2 км от ОГПЗ – ССЗ)

Металл	Фактическая концентрация, мг/кг	Фоновая концентрация, мг/кг	Kc	Zc
Zn	2,63	5,5	0,49	1
Cu	0,13	2,6	0,05	
Pb	5,1	1,2	4,25	
Ni	0,66	9,8	0,07	

территорий, мы делаем вывод о том, что данный показатель больше в почве суходольных лугов, чем в почве остепнённых (окр. с. Каменнозёрного). Данная разница составляет 1,64 мг/кг.

Вывод. Суммарный показатель загрязнения почвы равен 1, что даёт нам основание отнести почвы территории полигона к допустимой категории.

Полученные данные по концентрации тяжёлых металлов показывают относительно невысокие концентрации цинка, меди и никеля в растениях и почве на обеих территориях, не превышающие нормативные показатели. Однако концентрация вышеуказанных элементов выше в растениях и в почве, встречающихся на территории полигона.

Наибольшее содержание в исследуемых объектах имеет свинец, концентрация которого также не превышает ПДК на обеих территориях. Содержание свинца в почве территории полигона приближается к данному значению.

Суммарный показатель загрязнения почв на остепнённых лугах (окр. с. Каменнозёрного) и территории суходольного луга (полигон в 2 км от ОГПЗ-ССЗ) относит данные почвы к допустимой категории. Однако данный показатель выше у почв территории полигона, чем у почв суходольных лугов. Однако содержание свинца превышает ПДК, следовательно, растения можно использовать в фитотерапии в ограниченном количестве.

Литература

1. Рябинина З.Н. Растительность и растительные ресурсы степной зоны Оренбургской области // География, экономика и экология Оренбуржья. Оренбург, 1994. С. 63–69.
2. Гусев Н.Ф., Петрова Г.В., Немерешина О.Н. Лекарственные растения Оренбуржья (ресурсы, выращивание и использование). Оренбург, 2007. 330 с.
3. Рябинина З.Н., Князев М.С. Определитель сосудистых растений Оренбургской области. М.: Товарищество научн. изд. КМК, 2009. 758 с.
4. Кабата Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. Москва: Мир, 1989. 439 с.
5. Гусев Н.Ф., Немерешина О.Н. Реакция травянистых растений на атмосферное загрязнение // Земледелие. 2003. № 5. С. 19–20.
6. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф., Филиппова А.В. Содержание водорастворимых антиоксидантов и микроэлементов в образцах чая // Успехи современного естествознания. 2013. № 11. С. 54–64.
7. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф., Чуклова Н.В., Трубников В.В. Особенности накопления эссенциальных и токсических элементов в надземной части *Linaria vulgaris* L. на шламовом поле криолитового производства // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 12 (131). С. 222–224.
8. Зайцева В.Н., Гусев Н.Ф., Немерешина О.Н. К вопросу содержания микроэлементов в наземных органах *Fragaria viridis* (Duch.) Weston оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 4 (28). С. 240–241.