

УДК 631.41

НАКОПЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕРВОГО КЛАССА ОПАСНОСТИ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ ИМПАКТНОЙ ЗОНЫ НОВОЧЕРКАССКОЙ ГРЭС**В.А. Чаплыгин, Т.М. Минкина, С.С. Манджиева, Д.Г. Невидомская, Н.П. Черникова***Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

Загрязнение окружающей среды потенциально токсичными элементами (ПТЭ) является одной из актуальнейших проблем нашего времени. Выбросы предприятий химической и энергетической промышленности являются наиболее значимыми источниками поступления ТМ в окружающую среду. Среди химических элементов ТМ являются наиболее токсичными, многие из них проявляют высокую токсичность даже в следовых количествах (Жуйкова, Зиннатова, 2014; Rao et al., 2018; Pukalchik et al., 2018). Опасность металлов усугубляется еще и тем, что они обладают кумулятивным действием и сохраняют токсические свойства в течение длительного времени.

Исследования элементного химического состава лекарственных растений в настоящее время получили особую актуальность, т. к. именно в последние десятилетия во всем мире резко увеличился интерес к фитотерапии – комплексу относительно простых технологий профилактики и лечения с использованием лекарственных растений (Syso et al., 2016; Загурская, 2018). Увеличение внимания к лекарственным средствам растительного происхождения, т. е. фитопрепаратам, обусловлено постоянно выявляющимися побочными эффектами современных синтетических лекарственных средств и отсутствием лекарств для лечения хронических и длительно протекающих заболеваний. Терапия с участием фитопрепаратов имеет высокий потенциал, но существует вероятность недостаточно эффективного, а также побочного (опасного) действия лекарственных средств растительного происхождения, связанных с плохим качеством лекарственного сырья и конечных продуктов.

Zn и Cd являются одними из наиболее распространенных в промышленных выбросах ТМ, относящихся к первому классу опасности. Cd принадлежит к наиболее токсичным элементам, оказывающим множественное токсическое действие на растения (Zhao et al., 2014). Zn входит в число важнейших для физиологии растений микроэлементов, проблеме загрязнения которым также уделяют внимание многие исследователи (Baiseitova, Sartayeva, 2014; Mayachkina, Chugunov, 2009).

Северное Приазовье представляет собой уникальную территорию, где сохранилась естественная степная растительность. Количество работ, посвященных изучению аккумуляции тяжелых металлов (ТМ) в травянистых растениях, произрастающих в степной зоне, юга России очень невелико (Соборникова, Кизильштейн, 1990; Закруткин, Шишкина, 1997). В тоже время, на территории Северного Приазовья расположено большое количество промышленных предприятий, являющиеся источниками загрязнения окружающей среды.

Крупнейшим в Ростовской области предприятием, загрязняющим окружающую среду ТМ, является филиал ПАО «ОГК-2» «Новочеркасская» ГРЭС (НчГРЭС). На долю этого предприятия приходится 1 % всех выбросов поллютантов в атмосферу в РФ, в Ростовской области – свыше 50 %, в Новочеркасске – порядка 90 % (Экологический вестник Дона, 2019). В выбросах НчГРЭС содержится большое количество таких ТМ, в том числе Cd и Zn (Минкина и др., 2018). Ввиду того, что НчГРЭС уже более 50 лет оказывает техногенное воздействие на прилегающие территории, образуя зону полиэлементного загрязнения, данный регион Ростовской области был выбран объектом исследования.

Площадки мониторинга на данной территории были заложены на расстоянии 1–20 км от НчГРЭС. Выбор представленных площадок мониторинга также обусловлен произрастанием на них всех изучаемых видов лекарственных травянистых растений. Площадки расположены по преобладающему северо-западному направлению ветров и прилегающему к данному направлению северо-северо-западному (№ 4, № 5, №№ 8–10). Площадки № 1, № 2, № 3, № 7, №№ 11–14 заложены на расстоянии 1–3 км от НчГРЭС в различных направлениях и лежащих вне преобладающего направления ветров. Площадка № 9 была выбрана в качестве фоновой за счёт своей большой удаленности (15 км) от НчГРЭС и отсутствия дополнительных источников загрязнения.

Отбор образцов растений полыни австрийской (*Artemisia austriaca* Pall. ex. Wild.), тысячелистника благородного (*Achillea nobilis* L.) и пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.), проводился во второй декаде июня в фазу массового цветения. В образцах растений определялись Cd и Zn, металлы первого класса опасности, присутствующие в выбросах НчГРЭС (Экологический вестник Дона, 2019).

Минерализацию проб проводили методом сухого озоления согласно ГОСТ 26929–94. Экстракция ТМ из золы осуществлялась растворением в 20 %-ном растворе HCl с последующим определением методом ААС (Методические указания..., 1992). Оценка уровня загрязнения растений ТМ проводилась путем сопоставления содержания ТМ в исследуемой растительности с ПДК для лекарственного растительного сырья в соответствии с СанПиН 2.3.2.560–96.

Максимальное содержание изучаемых металлов наблюдается на площадках, расположенных наиболее близко к источнику загрязнения по линии преобладающего направления розы ветров (№ 4, 5). С увеличением расстояния от предприятия в северо-западном направлении (площадки № 6, 8, 9, 10) идёт постепенное снижение их содержания. В то же время, растения площадок, расположенных в радиусе 1–2 км от НЧГРЭС, но в других направлениях (№ 1, 11, 12), являются менее загрязненными. Это связано с тем, что данные участки лежат вне зоны преобладающей розы ветров, поэтому в меньшей степени подвержены техногенному загрязнению. В целом для обоих металлов отмечается общая закономерность: пониженные уровни техногенного загрязнения к югу от источника выброса.

На площадках мониторинга № 4, № 5 и № 6, испытывающий наибольшую техногенную нагрузку, установлено загрязнение Zn (до 3,1 ПДК) для всех изучаемых видов растений (табл. 1).

Таблица 1. Содержание Zn и Cd в различных видах дикорастущих травянистых растений на площадках мониторинга, мг/кг

Площадка	Направление и расстояние от НЧГРЭС, км	Zn					
		Стебли	Корни	Стебли	Корни	Стебли	Корни
		Полынь австрийская	Тысячелистник	Пижма обыкновенная			
1	1,0 СВ	47±6	40±4	38±4	34±4	21±3	18±3
2	3,0 ЮЗ	23±2	18±1	18±3	28±4	15±2	15±1
3	2,7 ЮЗ	13±1	22±1	20±3	20±3	11±2	12±1
4	1,6 СЗ	156±18	118±9	123±14	109±12	101±10	67±9
5	1,2 ССЗ	109±8	90±8	106±11	76±9	67±8	49±6
6	2,0 СЗ	74±6	67±5	60±6	53±6	52±5	38±6
7	1,5 С	22±3	20±1	43±5	42±4	15±2	20±3
8	5,0 СЗ	40±4	36±3	45±6	60±8	31±4	25±4
9	15,0 СЗ	10±1	9±1	6±1	12±1	8±1	7±1
10	20,0 СЗ	12±1	11±1	10±1	9±1	5±1	5±1
11	1,0 ЮВ	15±2	18±2	13±1	25±2	15±2	13±2
12	1,1 Ю	33±3	30±3	31±3	28±2	14±2	14±1
13	2,2 ЮВ	10±1	8±1	16±2	24±2	9±1	12±1
14	2,1 В	13±2	7±1	22±2	34±4	11±1	19±3
НСР _{0,95}		1,7	1,4	2,1	3,0	0,4	1,9
		Cd					
		Полынь австрийская	Тысячелистник	Пижма обыкновенная			
1	1,0 СВ	0,21±0,01	0,19±0,02	0,19±0,01	0,15±0,01	0,18±0,03	0,13±0,02
2	3,0 ЮЗ	0,23±0,02	0,26±0,03	0,27±0,03	0,23±0,02	0,16±0,02	0,18±0,02
3	2,7 ЮЗ	0,09±0,01	0,15±0,01	0,14±0,01	0,15±0,01	0,09±0,01	0,11±0,01
4	1,6 СЗ	2,88±0,30	2,00±0,22	3,16±0,34	2,12±0,23	2,40±0,24	1,43±0,15
5	1,2 ССЗ	1,84±0,26	1,52±0,10	2,39±0,19	1,64±0,11	1,64±0,18	1,05±0,09
6	2,0 СЗ	1,05±0,12	0,94±0,08	1,44±0,09	1,06±0,07	1,05±0,13	0,70±0,06
7	1,5 С	0,14±0,01	0,13±0,01	0,15±0,01	0,13±0,01	0,13±0,01	0,12±0,04
8	5,0 СЗ	0,29±0,03	0,28±0,04	0,38±0,05	0,31±0,03	0,25±0,03	0,21±0,02
9	15,0 СЗ	0,04±0,01	0,06±0,01	0,04±0,01	0,09±0,01	0,08±0,01	0,10±0,01
10	20,0 СЗ	0,01±0,01	0,04±0,01	0,02±0,01	0,05±0,01	0,05±0,01	0,06±0,01
11	1,0 ЮВ	0,13±0,02	0,12±0,01	0,16±0,02	0,16±0,02	0,13±0,01	0,10±0,01
12	1,1 Ю	0,10±0,01	0,12±0,01	0,16±0,02	0,19±0,03	0,13±0,02	0,11±0,01
13	2,2 ЮВ	0,15±0,02	0,15±0,03	0,08±0,01	0,18±0,03	0,20±0,02	0,15±0,02
14	2,1 В	0,15±0,02	0,15±0,02	0,09±0,01	0,16±0,02	0,09±0,01	0,09±0,01
НСР _{0,95}		3,2	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02
Примечание: жирным шрифтом выделено превышение ПДК (СанПиН 2.3.2.560–96) (50 мг/кг для Zn и 0,1 мг/кг Cd) для кормовых трав							

Важно отметить, что превышение ПДК для лекарственного сырья по данному элементу фиксируется только в условиях максимальной техногенной нагрузки, в то время как на остальных площадках мониторинга содержание Zn соответствует или не превышает фоновое. У изучаемых растений отмечается аккумуляция Zn преимущественно в надземной части, используемой для приготовления лекарственных препаратов. Наибольшим содержанием металла отличается полынь, минимальное содержание Zn установлено в пижме. Содержание Zn в растениях на два порядка превосходит концентрацию Cd, что связано с высокой потребностью растений в данном элементе, выполняющем ряд биологических функций. Однако уровень загрязнения изучаемых растений Zn достаточно невысокий.

Значительное превышение ПДК для Cd отмечается для всех изучаемых видов растений и достигает 28,8 раза для полыни, 31,6 для тысячелистника и 24,0 для пижмы (табл. 1). При загрязнении растений Cd наблюдается чёткая локализация на площадках мониторинга, испытывающих наибольшую техногенную нагрузку. У полыни и тысячелистника также наблюдаются небольшие превышения ПДК или близкие к пороговой концентрации Cd в пределах всей 5 километровой зоны исследования. Cd, как и Zn, характеризуется преимущественной аккумуляцией в надземной части растений, что учитывая высокий уровень загрязнения им растений характеризует данный металл как исключительно опасный поллютант. Максимальная концентрация Cd установлена в тысячелистнике, минимальная – в пижме.

Таким образом, установлено, многолетнее техногенное загрязнение дикорастущих лекарственных травянистых растений, сосредоточенное в 5 километровой зоне, преимущественно в северо-западном направлении от НчГРЭС. Приоритетными загрязнителями исследуемых территорий выступают Zn и Cd. Для изучаемых растений семейства Астровые наблюдается преимущественная аккумуляция Zn и Cd в надземной части. Высокое содержание Zn и Cd во всех рассматриваемых лекарственных растениях, составляющее 3,1 и 31,6 ПДК соответственно представляет потенциальную угрозу здоровью населения.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности № 0852–2020–0029 и при поддержке гранта Президента, № МК-2818.2019.5.

ЛИТЕРАТУРА

- Жуйкова Т.В., Зиннатова Э.Р. Аккумулирующая способность растений в условиях техногенного загрязнения почв тяжёлыми металлами // Поволжский экологический журнал. – 2014. – № 2. – С. 196–207.
- Загурская Ю.В., Коцупий О.В., Сиромля Т.И. Листья *Radus avium* (Rosaceae) из техногенно нарушенных экотопов как источник биологически активных веществ // Растительный мир Азиатской России. 2018. № 4. С. 102–107.
- Закруткин В.Е., Шишкина Д.Ю. Некоторые аспекты распределения меди и цинка в почвах и растениях агроландшафтов Ростовской области // Мат. Межд. симпозиума «Тяжелые металлы в окружающей среде». Пушино, 1997. С. 101–109.
- Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. 61 с.
- Минкина Т.М., и др. Аккумуляция тяжелых металлов разнотравной степной растительностью по данным многолетнего мониторинга // Аридные экосистемы. – 2018. – Т. 24, № 3 (76). – С. 43–55.
- Соборникова И.Г., Кизильштейн Л.Я. Медь, цинк, свинец в почвах и растениях полыни г. Ростова-на-Дону и его окрестностей // Изв. Сев. – Кав. центра выс. школы. Естест. Науки. – 1990. – № 4. – С. 3–8.
- Экологический вестник Дона: О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2019 году. Ростов-на-Дону. 2019. С. 283.
- Baiseitova N.M., Sartayeva J.M. Phytotoxic action of heavy metals in technogenic pollution. Young Scientist. – 2014. № 2. P. 382–384.
- Mayachkina N.V., Chugunov M.V. Features bioassay of soil for the purpose of ecotoxicological assessment // Vestn. The Nizhny Novgorod. Zap them. N.I. Lobachevskian. – 2009. № 1. P. 84–93.
- Pukalchik M., et al. Biochar, wood ash and humic substances mitigating trace elements stress in contaminated sandy loam soil: evidence from an integrative approach // Chemosphere. 2018. Vol. 203. P. 228–238. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.03.181.
- Rao M., et al. Antimicrobial compounds of plant origin as efflux pump inhibitors: new avenues for controlling multidrug resistant pathogens // Journal of Antimicrobial Agents. – 2018. 4:1. DOI: 10.4172/2472–1212.1000159.
- Syso A.I., et al. Ecological and Biogeochemical Assessment of Elemental and Biochemical Composition of the Vegetation of Anthropogenically Disturbed Ecosystems (Based on the Example of *Achillea millefolium* L.) // Contemporary Problems of Ecology. 2016. Vol. 9. № 5. P. 643–651.
- Zhao Z.J., Nan Z.R., Wang Z.W., Yang Y.M., Shimizu M. Interaction between Cd and Pb in the soil-plant system: a case study of an arid oasis soil-cole system // J Arid Land. – 2014. – № 6 (1). P. 59–68. DOI: 10.1007/s40333–013–0194–7.