

## НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ТЕСТ-РАСТЕНИЯМИ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ПОЧВАХ г. АЛМАТЫ

Из 3 испытуемых растительных тестов стебли плевела многолетнего накапливают достаточно большое количество изучаемых тяжелых металлов (ТМ). 2-кратное увеличение содержания Cd и Pb в почвенных модельных образцах показало максимальное их накопление в плевеле, равное 84,8% и 80,2% соответственно. Данные по накоплению Cu и Zn также подтвердили обозначение плевела как гипераккумулятора по отношению к ТМ: в стеблях растений, выросших на урбанизированных почвах, накопление Cu составило 90,3%, накопление Zn – 38,0%. Горчица белая в естественных городских почвах хорошо накапливала только Cd, а остальные ТМ в пределах 10% от их содержания в почвенных образцах. Рапс масличный также накапливал изучаемые ТМ в пределах 10%, т.е. его можно не рассматривать в качестве биоаккумулятора ТМ.

Таким образом, в результате полученных данных выявилась возможность использования плевела многолетнего (или райграйс пастищный) в фиторемедиации почв при загрязнении их ТМ, что, несомненно, будет способствовать процессам биологического очищения почв и окружающей среды от них.

В настоящее время общепризнано, что микроорганизмы играют важную роль в трансформации состояния ионов металлов в окружающей среде [1,2]. Воздействие почвенных микроорганизмов и ферментов на реакции окисления-восстановления и осаждения-растворения тяжелых металлов (ТМ) существенно и может управлять их поведением в почве.

По современным представлениям микробиологические последствия загрязнения почв ТМ определяются возможностью изменения их состояния микроорганизмами, а также воздействием ТМ на состав и функционирование почвенной биоты [3].

Целью работы явилось определение содержания подвижных форм ТМ в стеблях тест-растений для выявления биоаккумуляторов.

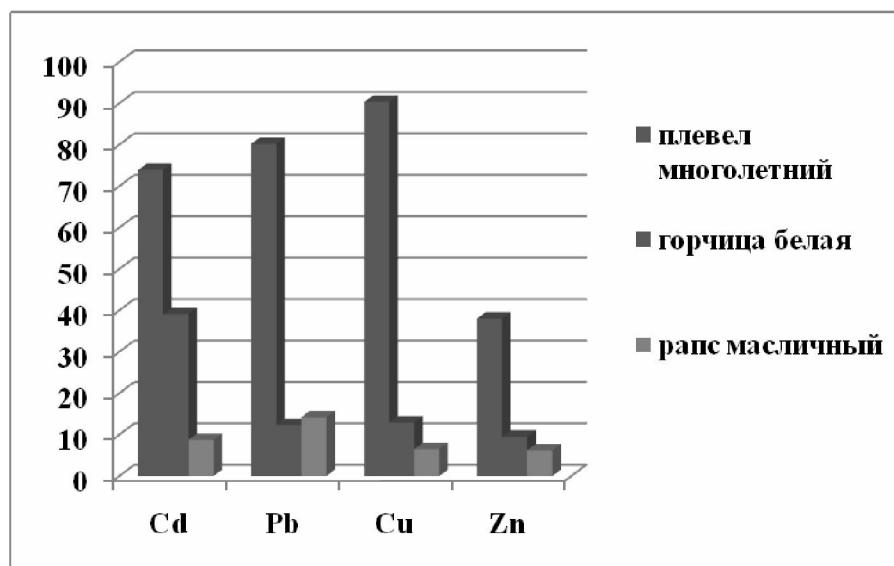
### Материалы и методы исследований

Объектом исследований выбраны образцы темно-каштановых и светло-каштановых почв г. Алматы, отобранные в течение 2007, 2008 и 2009 гг. и имевшие определенные географические, эдификационные и физико-химические характеристики. Для модельных экспериментов были использованы варианты почвенных образцов: контроль – степная зона за городом ( $Cd = 0,14$ ,  $Pb = 5,4$ ,  $Cu = 0,8$ ,  $Zn = 8,3$  мг/кг), естественные урбанизированные почвы с определенным содержанием ТМ (мг/кг) –  $Cd = 0,23$ ,  $Pb = 10,6$ ,  $Cu = 1,55$ ,  $Zn = 20,0$  [4]; 2-кратное содержание ТМ; 4-кратное содержание ТМ.

В работе были использованы растительные тест-объекты: плевел многолетний или райграйс пастищный (*Lolium perenne*), горчица белая или

Таблица 1. Содержание подвижных форм ТМ в надземных частях тест-растений, выросших на почвенных образцах с различным его содержанием

Объект	Количество тяжелых металлов, мг/кг сух. в-ва			
	кадмий	свинец	медь	цинк
контрольная почва				
плевел многолетний	0,10±0,2	3,8±0,4	0,4±0,3	4,4±0,3
горчица белая	0,02±0,4	1,6±0,5	0,1±0,5	1,9±0,5
рапс масличный	0,01±0,7	1,2±0,2	0,08±0,3	1,1±0,5
естественные ураноземы				
плевел многолетний	0,17±0,5	8,5±0,6	1,4±0,2	7,6±0,3
горчица белая	0,09±0,7	1,3±0,3	0,2±0,4	1,9±0,4
рапс масличный	0,02±0,3	1,5±0,4	0,10±0,5	1,24±0,7
почва с содержанием ТМ x 2				
плевел многолетний	0,39±0,2	12,9±0,4	2,3±0,4	11,5±0,5
горчица белая	0,11±0,5	1,6±0,5	0,3±0,5	2,4±0,5
рапс масличный	0,03±0,6	1,9±0,4	0,11±0,4	2,0±0,3
почва с содержанием ТМ x 4				
плевел многолетний	0,66±0,6	30,7±0,6	4,8±0,5	28,7±0,2
горчица белая	0,13±0,4	1,9±0,3	0,5±0,3	3,1±0,5
рапс масличный	0,04±0,4	2,4±0,5	0,18±0,6	2,6±0,8



Гистограмма 1 – Накопление ТМ (%) в тест-растениях, выращенных на ураноземах, по сравнению с их содержанием в почвах

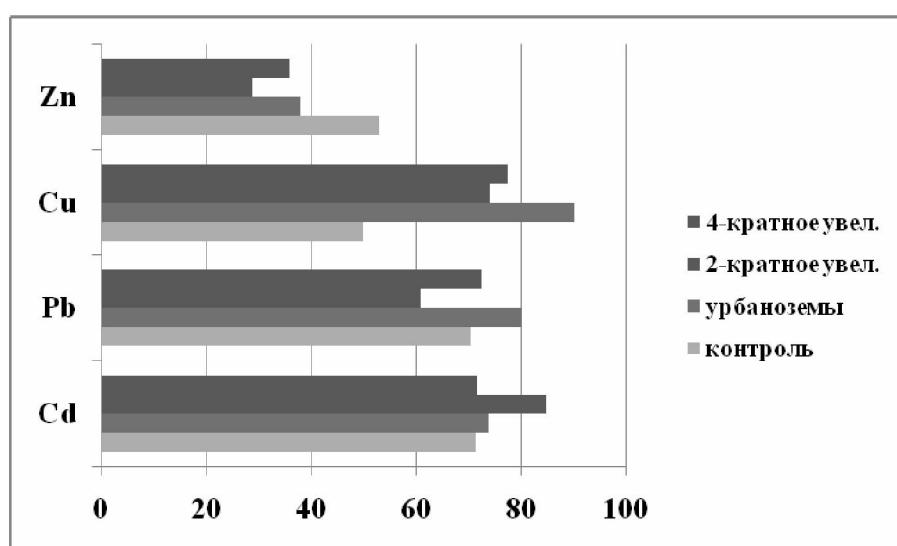
английская (*Sinapis alba* L. syn. *Brassica alba* Schmalh.), рапс масличный (*Brassica napus* ssp. *oleifera*).

Образцы растений были подготовлены для анализа путем гидролиза соляной кислотой, содержание ТМ определяли на атомно-абсорбционном спектрометре с электротермической атомизацией AA-6650 фирмы «Shumadzu» [5].

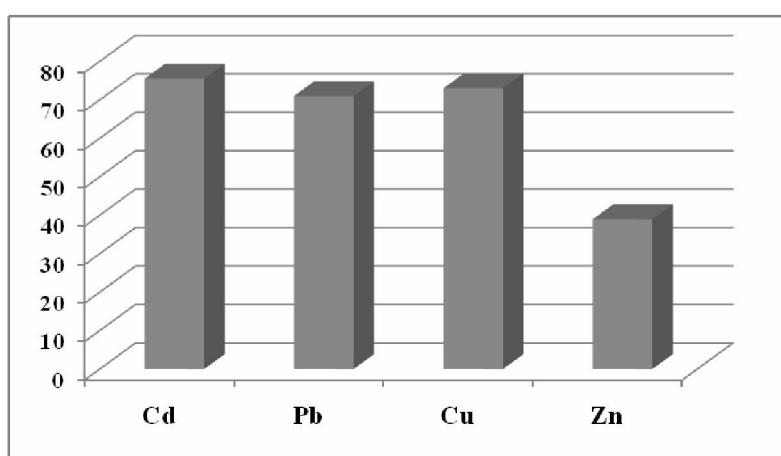
### Результаты и их обсуждение

Содержание ТМ в побегах, взятых на анализ, может быть намного более чувствительным индикатором загрязнения почв, чем числовые значения предельно допустимых концентраций ТМ в почвах (таблица 1).

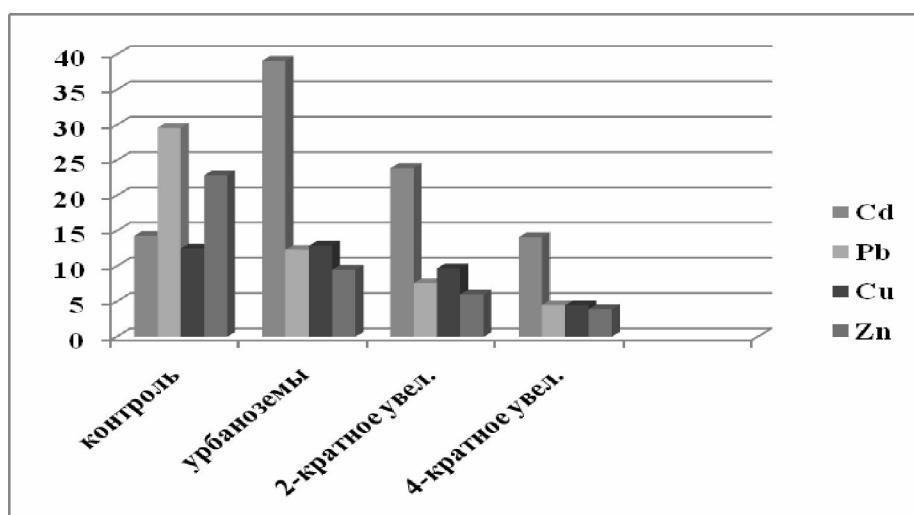
Из данных таблицы 1 следует, что из 3 испытуемых растительных тестов стебли плевела



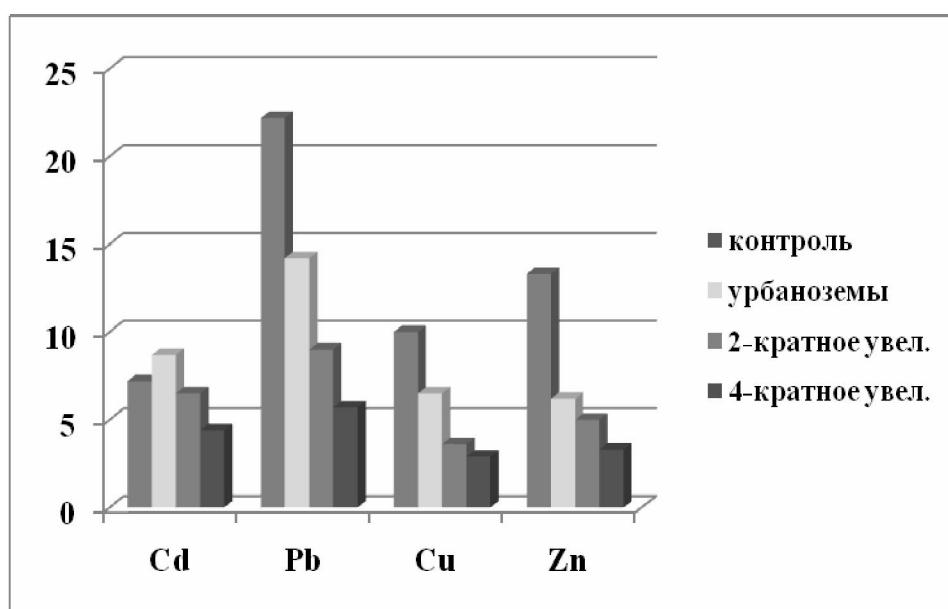
Гистограмма 2 – Накопление ТМ в стеблях плевела многолетнего, %



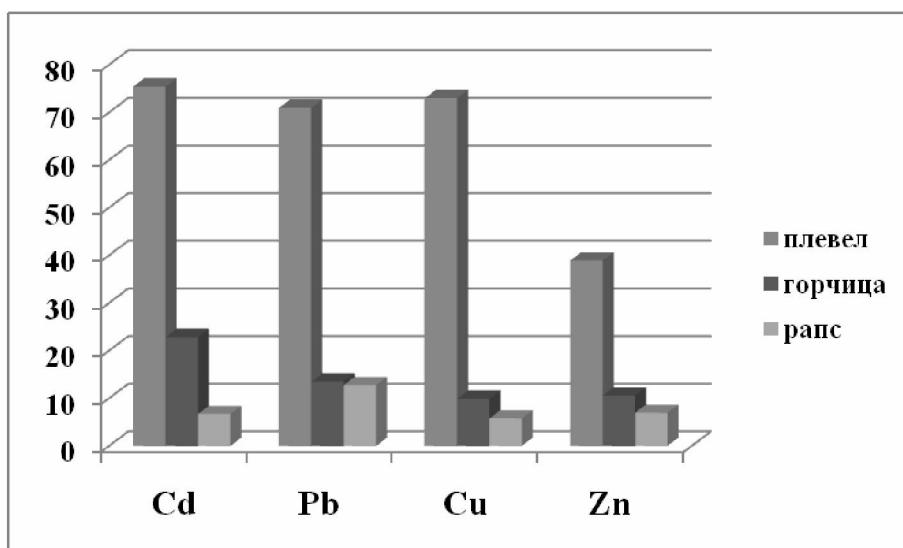
Гистограмма 3 – Среднее накопление ТМ в стеблях плевела многолетнего, %



Гистограмма 4 – Накопление ТМ в стеблях горчицы белой, % в различных вариантах опыта



Гистограмма 5 – Накопление ТМ в стеблях рапса масличного, % в различных вариантах опыта



Гистограмма 6 – Среднее накопление ТМ в стеблях тест-растений, %

многолетнего накапливают достаточно большое количество всех изучаемых ТМ (Cd, Pb, Cu и Zn) в клетках (гистограмма 1). Видимо, подвижные формы этих элементов позволяют растению поглощать его корнями и далее содержать в стеблях, причем способность тест-растения накапливать ТМ связана с подавлением физиологических реакций, т.е. плевел многолетний можно отнести к гипераккумулятору.

Увеличение содержания Cd в почвенных модельных образцах показало максимальное его накопление при 2-кратном увеличении (0,46 мг/кг

почвы), равное 84,8%, но дальнейшее увеличение металла привело к уменьшению накопления его в тест-растении (71,7%). Плевел многолетний также хорошо накапливал в стеблях Pb (80,2%), но увеличение его содержания в почве в 2 и 4 раза (модельные эксперименты) не позволило увидеть пропорциональное увеличение в растениях (полученные данные соответствовали 60,9 и 72,4%). Данные по накоплению Cu и Zn также подтвердили обозначение плевела как гипераккумулятора по отношению к ТМ: в урбаноземах накопление Cu составило 90,3%, накопление Zn – 38,0%.

В модельных экспериментах при увеличении концентрации Cu и Zn в 2 и 4 раза не были выявлены корреляции накопления в зависимости от содержания этих ТМ в почвенных образцах (гистограмма 2).

Также установлено, что из 4 исследуемых металлов лучше всего стебли плевела многолетнего накапливали Cd, Cu и Pb, накопление Zn было примерно в 2 раза ниже, чем других металлов (гистограмма 3).

Горчица белая в естественных городских почвах хорошо накапливала только Cd, а остальные ТМ – в пределах 10% от их содержания в почвенных образцах. Рапс масличный накапливал изучаемые ТМ в пределах 10% (гистограммы 1 и 4).

Таким образом, тест-объект рапс масличный не нужно использовать в качестве накопителя ТМ, так как их количество в стеблях по сравнению с содержанием в почвенных образцах находилось в пределах 10% (гистограммы 1 и 5).

Данные по средним значениям накопления ТМ в растительных тест-объектах показали, что максимум ТМ наблюдался в стеблях плевела многолетнего, стебли горчицы белой накапливали около 20% Cd, содержащегося в почвах, а рапс масличный – около 10% (гистограмма 6).

Таким образом, в результате полученных данных выявились возможность использовать плевел многолетний (или райграйс пастбищный) в фиторемедиации почв, что, несомненно, будет способствовать процессам биологического очищения почв и окружающей среды от ТМ. Данное предположение требует дальнейших исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА.

- Черных Н. А. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере. – М. – Российский университет дружбы народов (РУДН). – 2003. – 430 С.
- Никитина З.И., Голодяев Г.П. Экология микроорганизмов и санация почв техногенных территорий. – Владивосток. – Дальнаука. – 2003. – 175 С.
- Федорец Н. Г. Эколо-микробиологическая оценка состояния почв города Петрозаводска. – Петрозаводск. – Карельский научный центр РАН. – 2005. – 95 С.
- Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. – М. – Наука. – 2006. – 364 С.

5. Методика выполнения измерения массовой доли подвижных форм металлов. РД 52.18.269-90. М., 1990. Госкомитет СССР по «Гидрометеорологии». 35 С.

#### Резюме

Сыналып отырган үш өсімдік тестердің сабактарынан көпжылдық үбидайық жинақтайды, зерттелген барлық ауыр металдары жинақталған (Cd, Pb, Cu және Zn) қара түнектердің жоғары саны жеткілікті. Топырақ пішіндегі Cd және Pb-нің мазмұнының 2-еселі үлкеінде сәйкесінше 84,8% тең және 80,2%-ші үбидайықтағы олардың максимал жинақталуын көрсетті. Сонымен бірге Cu жинақталуы және Zn мәлімет бойынша үбидайықтың белгілерін раставды бұл қара түнектерге қарағанда жоғары аккумулятор: Cu жинақталудың урбанозем өсірген өсімдіктерінің сабактарында 90,3% құрады, Zn жинақталуы – 38,0%. Табиги қалалық топырактарда Белайының қыспасы тек қана Cd-тарды жақсы жинақтады, 10% топырақ үлгілердегі олардың мазмұндығы шектеріндегі басқа қара түнектер, сонымен бірге Рапс майлану шектердегі зерттелген АМ 10% жинақтады, яғни оны қара түнектердің тіршілікке қатысты аккумуляторы ретінде карамауга болмайды.

Сайып келгенде, мүмкіндік алған мәліметтердің нәтижесі топырактардың фиторемедиацияның төнірегіндегісін көпжылдық үбидайығы (немесе Райграйс жайылым) олардың қара түнектерінің ластануында қолдануға айқындалды, не олардан топырақтар және қоршаган орталардың биологиялық тазартуының процесстеріне мүм-кіндік тузызады.

#### Summary

Of the 3 subjects of plant tests Ryegrass accumulate a sufficiently large number of the studied HMs (Cd, Pb, Cu and Zn). 2-fold increase of Cd and Pb in soil model samples showed the maximum of their accumulation in the Ryegrass equal to 84,8% and 80,2% respectively. Data on the accumulation of Cu and Zn also confirmed the designation of Ryegrass as hyperaccumulator to HM: the stems of plants grown on urbanosols, the accumulation of Cu amounted to 90,3%, the accumulation of Zn – 38,0%. Mustard white in natural urban soils accumulated only Cd, the other of HM within 10% of their content in soil samples. Oilseed rape also accumulated studied HM in the range of 10%, i.e. it can not be considered as bioaccumulator HM.

Thus, as a result of the data revealed the possibility of using Ryegrass in the phytoremediation of soil with a contamination of HM, which will facilitate the processes of biological purification of soil and the environment from them.

УДК 574.24+579.57.044.014

Казахский национальный педагогический  
университет им. Абая

Поступила 15.09.09 г.