

**Отаров А., Вырахманова А.С., Полатова М.
ФОНОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ПРЕДЕЛЫ РЕКИ
СЫРДАРЬИ**

*Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
им. У.У. Успанова, 050060, пр. аль-Фараби 75 В, Алматы, Казахстан,
e-mail: azimbay@bk.ru*

Аннотация. На основе вариационно-статистической обработки полученных аналитических данных по содержанию подвижных форм тяжелых металлов в почвах Шиелийского массива орошения в качестве их фонового содержания предлагается следующие величины (мг/кг): Pb - $14,7 \pm 0,24$; Ni - $6,3 \pm 0,18$; Cu $2,3 \pm 0,06$; Cd $0,6 \pm 0,02$; Zn $2,9 \pm 0,08$.

Ключевые слова: тяжелые металлы, подвижные формы, Шиелийский массив орошения.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время немаловажным негативным фактором снижения плодородия почв становится фактор загрязнения почв тяжелыми металлами, ядохимикатами и др. Орошаемые территории, как правило, занимают геохимически подчинённые гидроморфные ландшафты, и как следствие этого, склонны к загрязнению. Результаты наших ранних исследований показали загрязненность почв орошаемых массивов тяжелыми металлами, в частности Pb, Ni и Cu [1]. Кроме того, ухудшение экологических, почвенных и мелиоративных условий почв также привело к снижению их защитных возможностей по отношению к Pb и Ni до 3,3 и 4,1, соответственно [2]. Всё более загрязнённой становятся воды рек, источников орошения, за счёт всё увеличивающегося антропогенного давления на окружающую среду. По нашим данным особую тревогу вызывает экологическое состояние вод Кызылординской области, для которого характерным является закономерное увеличение содержания как Pb, так и Ni от оросительной и грунтовой воде [1].

Изучение содержания валовых форм тяжелых металлов в почвах позволяет выявить их общие запасы. Это один из исходных показателей оценки загрязнения почв, но он не всегда имеет первостепенное значение. При оцен-

ке загрязнения почв тяжелыми металлами их валовое содержание является показателем менее информативным, чем, содержание их подвижных форм. Поэтому, существующие и официально утвержденные ПДК, которые установлены для большинства тяжелых металлов по их валовой форме, не отражают фактической ситуации, т.е. данные по валовой форме недостаточны для оценки ситуации складывающейся в пищевой цепочке. Такого рода несоответствие ПДК действительности давно уже обнаруживаются в исследованиях ученых [3-6]. Подвижные формы тяжелых металлов более реально характеризуют их потенциальную опасность для экосистемы, способность переходить из почв в растения, в почвенные и грунтовые воды. При определении подвижных форм определяются реально существующие доступные растениям формы их соединений, что дает нам возможность определить истинные экологически значимые запасы тяжелых металлов в почве.

Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах агроландшафта формируется в основном за счет их содержания в исходной почве и антропогенного привноса извне - поступление с оросительными водами, минеральными удобрениями, различными мелиорантами, средствами химической защиты растений, аэральное поступле-

ние и другие виды. Привнесенные в агрономические ландшафты тяжелые металлы довольно быстро включаются в биогеохимические циклы миграции, перемещаются во времени и в пространстве, становятся постоянными компонентами химического состава почвы и живого вещества агроландшафтов. Направление миграции тяжелых металлов и её темп в значительной степени определяются физико-химическими свойствами почв и самих тяжелых металлов, особенностями технологии возделывания культурных растений и рядом других природных факторов.

Несмотря на большое разнообразие почвенного покрова орошаемых массивов Республики, проблема установления региональных фоновых уровней содержания тяжелых металлов в орошаемых почвах пока остается не решенной. Подобные данные необходимы для оценки устойчивости и стабильности орошаемых экосистем к глобальным и региональным антропогенным воздействиям. На основе анализа содержания и распределения тяжелых металлов в фоновых районах можно выявить особенности формирования регионального уровня фона тяжелых металлов и классифицировать диапазон концентраций изучаемых металлов.

В связи с этим, в условиях всевозрастающего техногенного прессинга на окружающую среду, в том числе на почвенный покров изучение и систематизация данных о фоновом содержании тяжелых металлов в орошаемых почвах на региональном уровне является одной из актуальных задач имеющих как научное, так и прикладное значение.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Учитывая ухудшение общего экологического состояния Приаральского региона, в качестве объекта исследования был выбраны почвы Шиелийского массива орошения расположенной на территории преддельты реки Сырдарьи.

С учетом многофакторности и сложности процессов изучения тяжелых металлов в почвах, при установлении фонового содержания тяжелых металлов в почвах руководствовались достаточно распространенными и хорошо апробированными методологическими подходами и методами комплексного изучения экологического состояния основных компонентов естественных и культурных ландшафтов. В частности, были использованы морфологический и профильный методы, которые являются базисными при проведении полевых почвенных исследований и составляют основу полевой диагностики почв.

При проведении почвенно-экологической съемки руководствовались официально существующими руководствами и инструкциями [7, 8]. Определение экологического состояния почв проведено в соответствии с требованиями ГОСТ-ов и Методических рекомендаций регламентирующих работу по исследованию почв при общих и локальных загрязнениях [9-12]. В процессе проведения почвенно-экологических съемочных работ для определения регионального фонового уровня содержания тяжелых металлов в почвах закладывались почвенные разрезы и прикопки. Также отбирались почвы из пахотного горизонта. В общей сложности отобраны 244 почвенных образцов и проанализированы на содержание 5-ти тяжелых металлов.

Карты содержания тяжелых металлов составлены в среде ГИС с использованием компьютерной программы MapInfo Professional.

Тяжелые металлы были определены атомно-абсорбционным методом на атомно-абсорбционном спектрометре АА-6200 фирмы «Shimadzu» (Япония). Для определения валовых форм тяжелых металлов использовали кислотное разложение, подвижную форму извлекали ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8.

Статистическую обработку полученных данных, проводили общеприня-

тыми методами математической статистики, [13, 14] с использованием программы пакета анализов «Excel - 97» и «Atte Stat».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении особенностей содержания и пространственного варьирования свойств почв или же среднего содержания тех или иных элементов в определенных типах почв или в их совокупности для увеличения надежности получаемых данных и выводов по ним, большое значение имеет применение методов статистического анализа данных. Кроме того, применение статистического анализа также увеличивает интерпретационные возможности данных. Следует признать, что все выводы по абсолютным величинам свойств почв, сделанные по одному или нескольким типичным разрезам без статистической обработки, часто могут оказаться малодостоверными и могут привести к неверной интерпретации полученных данных [10]. В статистической науке, изучаемая случайная величина, характеризуется в основном двумя группами констант. Константы первой группы характеризуют средний уровень изучаемой величины, а второй группы – степень вариабельности, изменчивости, и обе группы являются выражением закона распределения случайной величины.

Среди констант характеризующих распределение тех или иных элементов в почвах особое место занимает среднее

арифметическое, характеризующее средний уровень их содержания и, по сути, изучение характеристик, установление истинного значения средней, т.е. истинного фонового содержания является основной целью большинства работ. Кроме того, при статистической обработке полученных аналитических данных среднее значение выступает исходным при вычислении других не менее важных констант характеризующих распределение изучаемой величины, поэтому к его оценке уделяется особое внимание.

Исходя из этого, мы подвергли вариационно-статистической обработке полученные за время реализации проекта аналитические данные по содержанию тяжелых металлов в почвах Шиелийского массива орошения. Как видно из полученных данных вычисленные значения t-критерия Стьюдента для всех изученных почв при 95 % уровне значимости значительно больше чем $t_{\text{таб.}}$ (таблица 1).

Пределы доверительного интервала у всех изученных металлов довольно узкие. Анализ степеней вариабельности содержания тяжелых металлов в почвах массива показывает, что установленные среднестатистические значения являются статистически устойчивыми, подтверждением чему служат величины их коэффициентов вариации, которые по шкале градации соответствуют пределу от незначительной до средней.

Таблица 1 – Вариационно-статистические показатели содержания подвижных форм тяжелых металлов в горизонте $A_{\text{пах}}$ почв Шиелийского массива орошения

Металлы	n	$M \pm m$	Пределы колебания	t-критерий		$\pm t_{0,05} \cdot m$	V, %
				$t_{\text{факт.}}$	$t_{0,05}$		
Zn	242	$2,9 \pm 0,08$	$0,3 \div 9,2$	36,9	2	0,2	42,1
Cu	242	$2,3 \pm 0,06$	$0,3 \div 5,7$	38,3	2	0,1	40,7
Pb	242	$14,7 \pm 0,24$	$5,5 \div 22,7$	60,8	2	0,5	25,6
Cd	242	$0,6 \pm 0,02$	$0,1 \div 1,7$	27,0	2	0,04	57,7
Ni	242	$6,3 \pm 0,18$	$0,9 \div 12,9$	35,6	2	0,3	43,7

На основе анализа полученных статистических констант можно заключить, что вычисленные значения средней правильно отражают статистически значимые истинные значения среднего содержания изученных металлов в почвах Шиелийского массива орошения.

Таким образом, полученные средние содержания изученных металлов мы предлагаем в дальнейшем использовать в качестве их фонового содержания в почвах Шиелийского массива орошения.

Для характеристики общего содержания тяжелых металлов в почвах массива на основе полученных данных также были вычислены вариационно-статистические показатели содержания их валовых форм в почвах Шиелийского массива орошения (таблица 2). Здесь также видно, что вычисленные фактические значения критерия Стьюдента значительно выше, чем их табличные значения. Пределы колебания содержания валовых форм тяжелых металлов и доверительный интервал их среднего значения также отличаются достаточно узкими интервалами.

Таблица 2 – Вариационно-статистические показатели содержания валовых форм тяжелых металлов в горизонте $A_{\text{пах}}$ почв Шиелийского массива орошения

Металлы	n	$M \pm m$	Пределы колебания	t-критерий		$\pm t_{0,05} \cdot m$	V, %
				$t_{\text{факт.}}$	$t_{0,05}$		
Zn	179	$67,6 \pm 0,99$	$36,0 \div 118,0$	68,1	2	2,0	19,7
Cu	179	$25,7 \pm 0,51$	$10,0 \div 49,6$	50,5	2	1,0	26,5
Pb	179	$33,2 \pm 0,93$	$13,2 \div 60,4$	35,6	2	1,8	37,5
Cd	179	$1,5 \pm 0,06$	$0,4 \div 3,2$	25,9	2	0,1	51,7
Ni	179	$29,8 \pm 0,95$	$8,0 \div 66,4$	31,4	2	1,9	42,6

Величины их коэффициентов вариации, за исключением Cd не превышают средней величины. А у кадмия, как и его подвижной формы, коэффициент вариации достаточно высок и равняется 51,7 %. Если учесть обстоятельство, что тяжелые металлы по содержанию в почве в весовом выражении относятся к микроэлементам, то становятся вполне естественными их относительно высокие коэффици-

енты вариации. Ряды убывания валовых форм изученных тяжелых металлов по величине коэффициента вариации несколько иначе, чем у их подвижных форм и выглядит следующим образом: $Cd > Ni > Pb > Cu > Zn$.

Используя полученные аналитические данные, был рассчитан вклад каждого металла в общий «металлический» фон почв Шиелийского массива (рисунок 1)

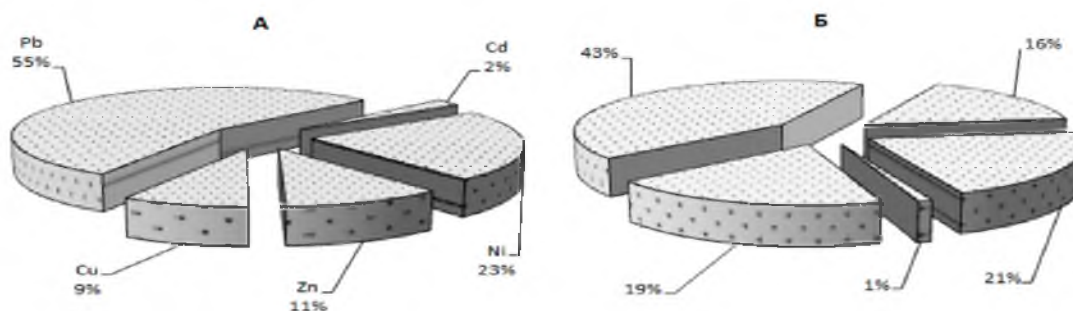


Рисунок 1 – Долевое участие тяжелых металлов в «металлическом» фоне почв Шиелийского массива орошения (А – подвижные, Б – валовые формы)

Оказалось, что состав подвижных и валовых форм тяжелых металлов в почвах массива существенно различаются. Среди подвижных форм изученных металлов в почвах Шиелийского массива орошения наибольшую долю (54,0 %) занимает свинец, за ним следует никель (24,0 %), цинк и медь занимают соответственно 11,0 % и 9,0 %. На долю кадмия приходится всего лишь 2,0 %. Среди валовых форм изученных металлов наибольшую долю (43,0 %) занимает цинк, за ним следует свинец (21,0 %),

никель и медь занимают соответственно 19,0 % и 16,0 %. На долю кадмия приходится всего лишь 1,0 %.

Далее, используя полученные аналитические данные и компьютерную программу MapInfo Professional в среде ГИС были составлены карты содержания экологически опасных, доступных для растений подвижных форм приоритетных для Шиелийского массива орошения тяжелых металлов: никеля и свинца (рисунок 2).

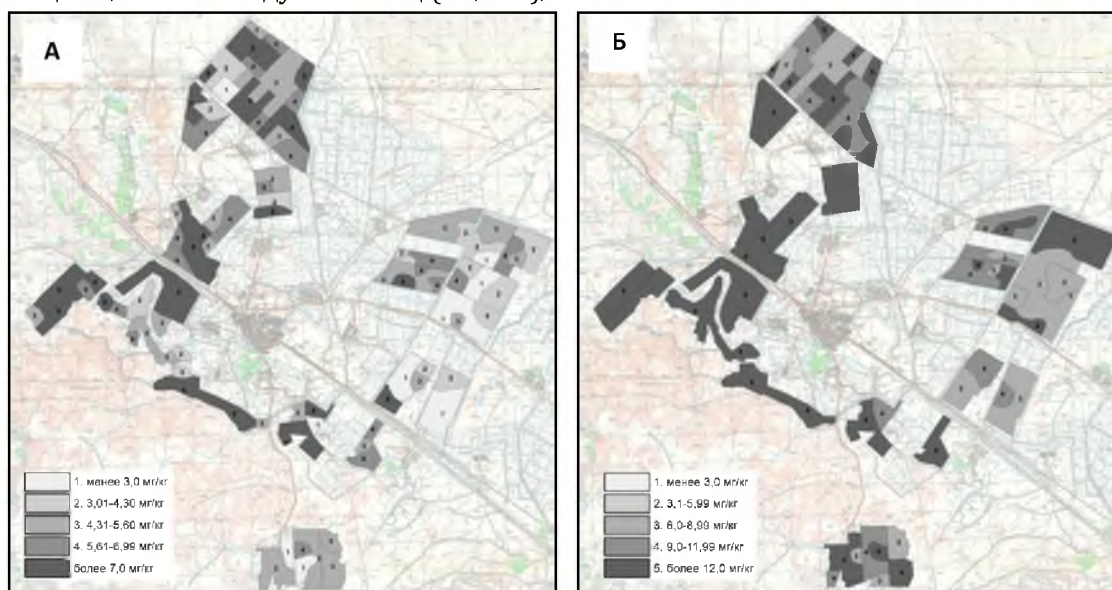


Рисунок 2 – Карты содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвах Шиелийского массива орошения (А - никель, Б - свинец)

Анализируя картографические материалы можно сказать, что на территории Шиелийского массива орошения по свинцу преобладают в основном почвы 5-группы с содержанием подвижной формы свинца более 12,0 мг на кг почвы. По никелю преобладают почвы 4-ой и 5-ой группы содержащие, соответственно 5,61-6,99 и более 7,0 мг/кг никеля. Среди обследованных хозяйств наиболее повышенным содержанием изученных металлов отличаются почвы «Жана Бестам», «Ынтымак Гигант», «Ибрай Жахай» и «Жана акжол».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе вариационно-статистической обработки полученных в ходе проведения почвенно-экологической съемки аналитических данных ($n = 242$) по содержанию подвижных форм тяжелых металлов в качестве их фонового содержания в почвах Шиелийского массива орошения предлагаются следующие статистически достоверные величины в мг/кг почвы: Pb - $14,7 \pm 0,24$; Ni - $6,3 \pm 0,18$; Cu - $2,3 \pm 0,06$; Cd - $0,6 \pm 0,02$; Zn - $2,9 \pm 0,08$.

Среди подвижных форм изученных металлов в почвах Шиелийского

массива орошения наибольшую долю (54,0 %) занимает свинец, за ним следует никель (24,0 %). Цинк и медь занимают соответственно 11,0 % и 9,0 %. На долю кадмия приходится всего лишь 2,0 %. Среди валовых форм изученных металлов наибольшую долю (43,0 %) занимает цинк, за ним следует свинец (21,0 %). А никель и медь занимают соответственно 19,0 % и 16,0 %. На долю кадмия приходится всего лишь 1,0 %. Анализируя составленные карты подвижных форм тяжелых металлов можно сказать, что на территории Шиелийско-

го массива орошения по свинцу преобладают в основном почвы 5-группы с содержанием подвижной формы свинца более 12,0 мг на кг почвы. По никелю преобладают почвы 4-ой и 5-ой группы содержащие, соответственно 5,61-6,99 и более 7,0 мг/кг никеля.

Таким образом, установлены фоновые содержания тяжелых металлов в почвах Шиелийского массива орошения, проведено дифференциация территории по уровню содержания тяжелых металлов и выявлены участки (контуры) их повышенного содержания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Отаров А., Ибраева М.А., Сапаров А.С. Деградационные процессы и современное почвенно-экологическое состояние рисовых массивов республики// Экологические основы формирования почвенного покрова Казахстана в условиях антропогенеза и разработка теоретических основ воспроизводства плодородия. – Алматы, - 2007. – С. 73-105.
- 2 Отаров А. Защитные возможности периодически затапливаемых рисовых почв по отношению к тяжелым металлам// Состояние и перспективы развития почвоведения. Материалы международной научной конференции, посвященной 60-летию образования Института почвоведения им. У.У. Успанова. – Алматы: «Тетис», 2005. – С. 131-132.
- 3 Отаров А., Ибраева М.А., Сапаров А.С. Влияние экологического состояния рисовых массивов Казахстана на качество риса-шалы и продуктов ее переработки// Зерно и продукты ее переработки. – Астана, 2006. - №3. - С. 14-18.
- 4 Ягодин Б.А. и др. Тяжелые металлы в системе почва-растение// Химия в сельском хозяйстве. – 1996. - № 5. - С. 43-45.
- 5 Овчаренко М.М., Графская Г.А., Шильников И.А. Почвенное плодородие и содержание тяжелых металлов в растениях// Химия в сельском хозяйстве. – 1996. - № 5. - С. 40-43.
- 6 Ильин В.Б., Байдина Н.Л., Конарбаева Г.А., Черевко А.С.. Содержание тяжелых металлов в почвах и растениях Новосибирска// Агрохимия. – 2000. - № 1. - С. 66-73.
- 7 Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования. – М.: изд-во «Колос», 1973. - 95 с.
- 8 Руководство по проведению крупномасштабного почвенного обследования в Казахской ССР. - Алма-Ата, 1979. - 137 с.
- 9 ГОСТ 17.4.3.03-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ. – Введ. 1987 - 01 - 01. –М. : Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2008. 2 с.
- 10 ГОСТ 17.4.3.01-83 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. – Введ. 1984 - 01 - 07. –М. : Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2004. 4 с.
- 11 Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: изд-во «Гидрометеиздат», 1981. - 107 с.

12 Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: Госагропром СССР, 1989. - 62 с.

13 Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. – М.: изд-во МГУ, 1995. - 320 с.

14 Савич В.И. Применение вариационной статистики в почвоведении. Учебно-методическое пособие. – М.: изд-во ТСХА, 1972. - 103 с.

ТҮЙІН

Отаров А., Вырахманова А.С., Полатова М.

СЫРДАРІА ӨЗЕНІНІҢ АТЫРАУ АЛДЫ ТОПЫРАҚТАРЫНДАҒЫ АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ ФОНДЫҚ МӨЛШЕРІ

Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты, 050060, әл-Фараби даңғылы, 75 В, Алматы, Қазақстан, e-mail: azimbay@bk.ru

Шиелі суармалы алқабы топырақтарындағы ауыр металдардың жылжымалы формалары бойынша алынған аналитикалық мәліметтерді вариациялы-статистикалық өңдеу негізінде олардың фондық мөлшері ретінде келесі өлшемдер ұсынылады (мг/кг): Pb - $14,7 \pm 0,24$; Ni - $6,3 \pm 0,18$; Cu $2,3 \pm 0,06$; Cd $0,6 \pm 0,02$; Zn $2,9 \pm 0,08$.

Түйінді сөздер: ауыр металдар, жылжымалы формалар, Шиелі суармалы алқабы.

SUMMARY

Otarov A., Vyrakhmanova A.S., Polatova M.

BACKGROUND CONTENT OF HEAVY METALS IN SOILS OF THE SYRDARIA RIVER PREDELTA

Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry after U.U. Usanov, 050060, ave. al-Farabi 75 v, Almaty, Kazakhstan, e-mail: azimbay@bk.ru

On the basis of the variational and statistical processing of analytical data on the content of mobile forms of heavy metals in soils of Shieli irrigation array, their background content are the following values (mg / kg): Pb - $14,7 \pm 0,24$; Ni - $6,3 \pm 0,18$; Cu $2,3 \pm 0,06$; Cd $0,6 \pm 0,02$; Zn $2,9 \pm$