

УДК 911.5

## **СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ РАЗНЫХ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ И В СОСЕДНИХ РЕГИОНАХ (НА ПРИМЕРЕ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ)**

**Васин Д.В.**

*ГОУ ВПО «Московский городской педагогический университет», Москва, Россия (129226, г. Москва, 2-й Сельскохозяйственный проезд, 4), e-mail: dv\_0504@mail.ru*

---

Проведен анализ особенностей распределения конкретных тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Cr) в почвенном покрове разных агроклиматических зон Ульяновской области, выявлены основные источники поступления загрязнителей в почвы. Приводятся данные о содержании тяжелых металлов в почвообразующих породах и почвенных горизонтах, сведения о концентрации загрязнителей в основных типах почв данного региона, а также приводятся сравнения этих показателей с соседним регионом (Самарской областью). Результаты исследований показали, что в значительной степени почвенный покров загрязнен тяжелыми металлами в Центральной и Южной агроклиматических зонах, что объясняется комплексным воздействием техногенных и местных физико-географических условий. Относительно небольшое загрязнение почвенного покрова Заволжской зоны обусловлено отсутствием на данной территории крупных разнопрофильных промышленных предприятий, а также особенностями рельефа и гидрологии.

---

Ключевые слова: тяжелые металлы, агроклиматические зоны, почвенный горизонт, типы почв, почвообразующая порода.

## **THE CONTENT OF HEAVY METALS IN SOILS OF DIFFERENT AGROCLIMATIC ZONES OF THE ULYANOVSK REGION. THE COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SOILS OF THE ULYANOVSK REGION AND IN THE NEXT REGIONS (ON THE EXAMPLE OF THE SAMARA REGION)**

**Vasin D.V.**

*GOU VPO «Moscow city pedagogical university», Moscow, Russia (129226, Moscow, 2nd Selskokhozyaystvenny Drive, 4), e-mail: dv\_0504@mail.ru*

---

The analysis of features of distribution of concrete heavy metals is carried out (Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Cr) in a soil cover of different agroclimatic zones of the Ulyanovsk region, are revealed the main sources of receipt of pollutants to soils. Data about the content of heavy metals are provided in pochvoobrazuyushchy breeds and the soil horizons, data on concentration of pollutants in the main types of soils of this region, and also comparisons of these indicators with the next region (Samara region) are given. Results of researches showed that substantially the soil cover is polluted by heavy metals in the Central and Southern agroclimatic zones that the physics – geographical conditions speaks complex influence technogenic and local. Rather small pollution of a soil cover of the Zavolzhye zone is caused by absence in this territory of the large raznoprofilny industrial enterprises, and as features of a relief and a hydrology.

---

Keywords: heavy metals, agroclimatic zones, soil horizon, types of soils, pochvoobrazuyushchy breed.

### **Введение**

Геоэкологическая ситуация определяется рядом факторов, связанных с миграцией микроэлементов в зависимости от различных природных критериев. Знание этих факторов имеет важное значение для понимания процессов, которые постоянно происходят как в естественных, так и в искусственных экосистемах. В процессе хозяйственной деятельности в окружающую среду поступает огромное количество веществ, геохимическая активность которых изменяется в зависимости от местных условий. К группе таких веществ относятся и

тяжелые металлы. Определению «тяжелые металлы» соответствует достаточно большое количество элементов, однако соединения этих элементов далеко не равнозначны как загрязняющие вещества. По классификации Н. Реймерса, тяжелыми следует считать металлы с плотностью 8 г/см<sup>3</sup>.

Для биологической классификации используется атомная масса [3]. С этих позиций к тяжелым металлам относят химические элементы с атомной массой более 40 у.е. [2] или более 50 у.е. [1; 3]. В природе, как правило, тяжелые металлы являются рассеянными элементами [7]. Важную роль в категорировании тяжелых металлов играют следующие условия: их высокая токсичность для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции и биомагнификации.

### **Цель работы**

Выявление закономерностей распределения тяжелых металлов в почвенном покрове Ульяновской области. Изучение закономерностей распределения и накопления тяжелых металлов в почвах Ульяновской области важно для оценки степени изменения геоэкологической ситуации рассматриваемого региона. Собранные данные позволяют судить о состоянии почвенного покрова области. Материалы исследования могут быть использованы для мониторинга почв.

### **Материалы и методы исследования**

Основу работы составляют наблюдения и материалы, собранные автором в полевых сезонах. В ходе полевых исследований автором лично были отобраны 124 образца из верхнего слоя почв. Детально изучены 18 почвенных разрезов, позволяющие судить об особенностях распределения тяжелых металлов в основных почвенных горизонтах. На опорных участках велось описание почвенного покрова, почвообразующих пород и особенностей рельефа. Анализы были выполнены в лаборатории Ульяновской агрохимической службы.

### **Результаты исследования и их обсуждения**

По агроклиматическим особенностям Ульяновскую область можно разделить на четыре зоны: Западную, Центральную, Заволжскую и Южную [6]. Каждая зона имеет свои почвенно-климатические условия, которые определяют характер земледелия.

### **Описание Западной агроклиматической зоны**

Западная агроклиматическая зона характеризуется достаточно низким уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами. Основными источниками металлов в данной зоне являются промышленные предприятия г. Инза, который еще является относительно крупным транспортным узлом, а также р.п. Сурское, р.п. Вешкайма, р.п. Карсун и др. населенные

пункты. Однако наибольшее значение в поступление тяжелых металлов на данную территорию вносят природные факторы.

Среди естественных источников тяжелых металлов необходимо выделить в первую очередь почвообразующие породы. На данной территории преобладают почвообразующие породы тяжелого мехсостава (глины и тяжелые суглинки), которые достаточно активно накапливают тяжелые металлы, в первую очередь цинк (Zn) и никель (Ni). Рельеф территории определяет верхнее плато, которое одновременно является вершиной водоразделов. Характер растительности также определяет относительно незначительное загрязнение Западной зоны.

Для данной территории характерны преимущественно лесные ландшафты. Здесь самый высокий процент залесенности 40–50%, а также самый высокий коэффициент увлажнения. Среди растительности преобладают сосновые и сосново-широколиственные леса, а, как известно, лесная растительность, благодаря большой фитомассе и продолжительности жизни, поглощает большую долю тяжелых металлов и дольше задерживает их в своем составе. Территория богата подземными водами, которые достаточно равномерно распределяют тяжелые металлы.

В почвенном покрове преобладают все виды серых лесных почв (тёмно- и светло-серые), которые сформировались на тяжелых суглинках и имеют слабокислую реакцию pH (5,5–6,1), что приводит к увеличению подвижности металлов, а следовательно, и к их доступности для растений. В целом серые лесные почвы характеризуются высоким уровнем содержания тяжелых металлов. Наиболее активно в серых лесных почвах накапливается хром (Cr).

Кроме серых лесных почв, в Западной агроклиматической зоне встречаются крупные участки выщелоченных черноземов (преимущественно в северной части зоны) и типичных черноземов (центральная часть зоны). Черноземы характеризуются средним уровнем содержания тяжелых металлов, однако в типичных черноземах тяжелых металлов содержится больше, что четко проявляется на картах-моделях. По берегам крупных рек распространены аллювиальные дерновые насыщенные почвы, которые содержат незначительное количество тяжелых металлов.

Среднее содержание тяжелых металлов в почвах разных агроклиматических зон Ульяновской области, в мг/кг, показаны в таблице 1.

**Таблица 1 – Среднее содержание тяжелых металлов в почвах разных агроклиматических зон Ульяновской области, мг/кг**

Элемент	В среднем по области	Западная зона	Центральная зона	Южная зона	Заволжская зона
---------	----------------------	---------------	------------------	------------	-----------------

Zn	32,6	31,3	33,9	34,4	30,3
Cu	17,5	16,0	20,6	18,1	14,1
Pb	15,2	14,5	17,1	16,0	12,4
Cd	1,13	0,9	1,3	1,4	0,85
Ni	26,9	26,3	29,3	29,7	20,5
Cr	20,5	18,9	23,3	22,8	15,7

Из таблицы 1 видно, что в Западной агроклиматической зоне средние содержания всех изучаемых тяжелых металлов были несколько ниже, чем по области. Однако концентрация всех тяжелых металлов, за исключением никеля (Ni), превышала региональный фон.

Таким образом, Западная агроклиматическая зона характеризуется относительно низким уровнем загрязнения почвенного покрова валовыми формами тяжелых металлов.

### **Описание Центральной агроклиматической зоны**

Центральная агроклиматическая зона характеризуется повышенным содержанием тяжелых металлов. Наблюдается значительное превышение регионального фона по всем изучаемым металлам, кроме никеля.

Анализ табл. 1 показывает, что содержание тяжелых металлов в почвенном покрове данной территории превышает аналогичные усредненные показатели по области. Наиболее активно в почвах данной территории накапливается медь и свинец, концентрация которых превышает кларки почв мира. Высокие содержания тяжелых металлов в почвенном покрове данной территории в первую очередь обусловлены большим количеством техногенных источников. В пределах этой зоны расположено большинство разнопрофильных промышленных предприятий, а также крупные населенные пункты (города: Ульяновск, Новоульяновск, Сенгилей и др.), поэтому данная территория испытывает повышенную техногенную нагрузку и почвенный покров обладает большей токсичностью. Помимо техногенных источников, свой вклад в загрязнение почвенного покрова вносят и природные факторы. Данная территория является переходной между облесенными участками на западе и остепненными районами на северо-востоке и юго-востоке, поэтому здесь преобладают типичные лесостепные ландшафты, которые по сравнению с лесными и степными ландшафтами накапливают более активно тяжелые металлы.

В пределах Центральной агроклиматической зоны распространен двухъярусный рельеф, состоящий из нижнего и верхнего плато. Данный район отличается густой речной сетью и обильными подземными водами, которые распространяют загрязнение на значительные расстояния и формируют его равномерность. Почвенный покров представлен в

основном выщелоченными черноземами и серыми лесными почвами, которые характеризуются высокой способностью накапливать тяжелые металлы.

Таким образом, Центральная агроклиматическая зона характеризуется повышенным загрязнением почвенного покрова, так как данная территория подвергается большой техногенной нагрузке, а особенности физико-географических условий способствуют накоплению тяжелых металлов.

### **Описание Южной агроклиматической зоны**

Почвенный покров южной агроклиматической зоны также характеризуется повышенным содержанием тяжелых металлов. Наблюдается значительное превышение регионального фона по всем изучаемым тяжелым металлам, за исключением никеля.

Анализ табл. 1 показывает, что содержание тяжелых металлов в почвенном покрове данной территории значительно превышает аналогичные усредненные показатели по области. Наиболее активно в почвах данной территории накапливается цинк, кадмий и никель, средняя концентрация которых на данной территории является наиболее высокой в области. Повышенное загрязнение почвенного покрова данной территории связано в первую очередь с техногенными факторами, так как здесь разрабатывается и добывается достаточно большое количество нефтяных месторождений, да и близость крупных промышленных и транспортных узлов соседних территорий также вносит свой вклад в загрязнение.

Кроме техногенных источников, высокое загрязнение почвенного покрова Южной зоны связано с особенностями почвообразующих пород и преобладающими типами почв. На данной территории распространены карбонатные породы (преимущественно известняки), которые обладают наиболее высоким содержанием всех изучаемых тяжелых металлов. На карбонатных материнских породах сформировались дерново-карбонатные почвы, которые отличаются самой высокой способностью накапливать тяжелые металлы. Способствует повышенному содержанию тяжелых металлов и характер растительного покрова, который представлен здесь сочетанием лесных и остепненных участков, а, как известно, в почвах лесостепи идет более активная аккумуляция тяжелых металлов, чем в почвах лесной и степной зонах, что подтверждают данные из литературных источников [4; 5]. Хотя почвы данной зоны характеризуются преимущественно средней продуктивностью и в большей степени подвержены водной эрозии, они обладают относительно высокой гумусированностью. В целом подтверждается закономерность, что чем выше гумусированность почв, тем выше концентрация тяжелых металлов в них.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что Южная агроклиматическая зона, благодаря комплексному воздействию природных и техногенных факторов, характеризуется сильным загрязнением почвенного покрова тяжелыми металлами.

## **Описание Заволжской агроклиматической зоны**

Почвенный покров Заволжской агроклиматической зоны характеризуется незначительным загрязнением тяжелыми металлами. Наблюдается небольшое превышение регионального фона по всем изучаемым металлам, кроме никеля.

Анализ табл. 1 показывает, что содержание тяжелых металлов в почвенном покрове данной территории значительно ниже, чем усредненные показатели по области. На данной территории практически отсутствуют крупные промышленные предприятия (за искл. г. Димитровграда), что приводит к незначительной техногенной нагрузке на почвенный покров. Почвообразующие породы представлены здесь в основном легкими и средними суглинками, которые, как правило, накапливают гораздо меньше тяжелых металлов, чем материнские породы тяжелого мехсостава. Среди типов почв наибольшее распространение на данной территории получили в основном различные виды черноземов (выщелоченные, оподзоленные, типичные), которые по сравнению с другими типами почв накапливают тяжелые металлы незначительно.

Низкое загрязнение почвенного покрова Заволжской части связано с общей тенденцией понижения рельефа с востока на запад. Такая же закономерность характерна и для направления поверхностных и грунтовых вод. Всё это приводит к тому, что всё загрязнение уходит в сторону Куйбышевского водохранилища.

Таким образом, содержание тяжелых металлов в почвенном покрове Заволжской агроклиматической зоны является наиболее низким в пределах Ульяновской области (за искл. отдельных участков) вследствие незначительной техногенной нагрузки, а также совокупности особенностей физико-географических условий.

## **Сравнительная характеристика распределения тяжелых металлов в почвах Ульяновской области и в соседних регионах (на примере Самарской области)**

По сравнению с Самарской областью, территория которой испытывает в целом большую техногенную нагрузку, почвенный покров Ульяновской области менее загрязнен тяжелыми металлами. Сравнительная характеристика содержания тяжелых металлов в основных почвообразующих породах показывает, что аккумуляция всех изучаемых металлов на территории Ульяновской области гораздо ниже, чем в Самарской области (табл. 2).

Анализ табл. 2 показывает, что содержание тяжелых металлов в целом в материнских породах тяжелого мехсостава, за исключением свинца, в Ульяновской области гораздо ниже, чем в Самарской. Легкие суглинки в Ульяновской области накапливают больше цинка и хрома, примерно сопоставимое количество никеля и свинца и значительно меньше меди. В песчаных почвообразующих породах Ульяновской области содержится гораздо больше

свинца, однако значительно меньше всех оставшихся тяжелых металлов, по сравнению с Самарской областью.

Содержание тяжелых металлов в известняках примерно одинаковое, однако в почвообразующих породах Ульяновской области накапливается чуть больше цинка и хрома, чуть меньше свинца и никеля и гораздо меньше меди.

**Таблица 2 – Среднее содержание тяжелых металлов в основных почвообразующих породах Ульяновской и Самарской областей, мг/кг**

Элемент	Ульяновская область					Самарская область (Матвеев, Павловский, Прохорова, 1997)				
	Тяжелые суглинки	Средние суглинки	Легкие суглинки	Пески	Известняки	Тяжелые суглинки	Средние суглинки	Легкие суглинки	Пески	Известняки
Zn	21,8	26,8	24,8	30,6	34,3	42,7	69,0	10,0	36,0	20,0
Cu	16,4	15,7	11,6	16,6	16,4	54,0	67,0	56,0	47,0	38,0
Pb	15,4	11,5	11,6	14,8	14,1	17,0	<2,0	21,0	2,0	18,0
Cd	0,5	0,9	0,3	0,7	1,2	–	–	–	–	–
Ni	20,7	23,5	18,8	23,5	32,9	50,0	25,0	22,0	44,0	37,0
Cr	22,9	17,2	21,0	15,9	26,4	76,7	63,0	20,0	34,0	25,0

Также были изучены и сравнены особенности распределения тяжелых металлов по основным горизонтам почвенных разрезов Ульяновской и Самарской областей (табл. 3).

Анализ табл. 3 показывает, что в целом особенности накопления тяжелых металлов по основным почвенным горизонтам совпадают (цинк, никель и хром имеют тенденцию к уменьшению концентрации при движении к почвообразующей породе), однако имеются и существенные различия. Так, наибольшая концентрация меди в почвах Ульяновской области характерна для горизонта В, в то время как в почвенном покрове Самарской области – для горизонта С, а в пределах горизонта В имеет наименьшее значение.

**Таблица 3 – Средние содержания тяжелых металлов в основных почвенных горизонтах Ульяновской и Самарской областей, мг/кг**

Элемент	Среднее содержание в основных почвенных горизонтах, мг/кг					
	Ульяновская область			Самарская область (Матвеев, Павловский, Прохорова, 1997)		
	А	В	С	А	В	С

Zn	37,9	30,8	25,8	59,9	46,6	38,8
Cu	19,7	20,4	15,2	55,8	54,4	59,2
Pb	17,1	18,4	12,6	5,3	8,5	9,0
Cd	1,31	1,10	0,8	–	–	–
Ni	30,8	29,8	23,0	57,7	54,2	28,5
Cr	25,6	23,6	18,8	92,8	67,7	46,5

Сильно различаются и особенности накопления свинца. В Ульяновской области наибольшие концентрации данного элемента характерны для горизонта В, а минимальные – для горизонта С (почвообразующая порода). Для Самарской области концентрация свинца постепенно увеличивается при движении вниз по почвенному разрезу, достигая своего максимума в горизонте С.

Что касается особенностей накопления тяжелых металлов в различных типах почв двух областей, то они совпадают (табл. 4).

Типы почв по возрастанию содержания тяжелых металлов образуют следующий ряд: аллювиальные дерновые насыщенные < черноземы < серые лесные < дерново-карбонатные.

**Таблица 4 – Сравнительная характеристика накопления тяжелых металлов основными типами почв в Ульяновской и Самарской областях, мг/кг**

Элемент	Ульяновская область				Самарская область			
	Чернозёмы	Аллювиальные дерновые насыщенные	Серые лесные	Дерново-карбонатные	Чернозёмы	Аллювиальные дерновые насыщенные	Серые лесные	Дерново-карбонатные
Zn	31,2	30,7	33,2	38,8	76,8	58,9	88,2	133,9
Cu	16,4	15,1	16,0	17,7	45,3	29,0	71,8	218,9
Pb	14,2	13,1	14,3	15,8	10,8	10,0	12,1	27,5
Cd	1,04	1,0	1,1	1,4	–	–	–	–
Ni	23,5	25,5	26,4	35,9	28,2	27,9	31,4	32,7
Cr	18,4	18,8	20,5	25,1	96,9	94,3	178,6	117,1

Таким образом, сопоставляя особенности загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами в Ульяновской и Самарской областях, можно сделать вывод, что почвы Ульяновской области характеризуются меньшим загрязнением тяжелыми металлами по сравнению с почвами Самарской области.

В результате были получены следующие выводы.

1. Максимальное загрязнение почвенного покрова характерно для Центральной агроклиматической зоны, где располагается большинство промышленных предприятий и крупных населенных пунктов. Установлено, что в почвах лесостепи идет более активная аккумуляция тяжелых металлов, чем в почвах лесной и степной зон. Была подтверждена закономерность, что чем выше гумусированность почв, тем выше концентрация тяжелых металлов в них.

2. Загрязнение почвы техногенными элементами находится в прямой зависимости от интенсивности промышленной нагрузки. Основными источниками тяжелых металлов в регионе являются предприятия Ульяновского промышленного узла и транспортные магистрали.

3. В разрезах основных типов почв Ульяновской области выражен равномерно-аккумулятивный тип распределения тяжелых металлов, т.е. их максимум характерен для пахотного слоя, далее содержание большинства тяжелых металлов уменьшается с глубиной, достигая своего минимума в почвообразующих породах. Для почвообразующих пород тяжёлого механического состава характерна аккумуляция Cu, Zn, Cr, Pb и Ni. В почвообразующих породах легкого механического состава (средние и легкие суглинки) накапливается Zn, Cu и Ni. В песках и супесях преимущественно идёт аккумуляция Zn и Cu. Тенденция к уменьшению накопления тяжелых металлов в почвообразующих породах имеет следующий ряд: известняки > пески > глины > тяжелые суглинки > средние суглинки > легкие суглинки > супеси.

4. Аккумуляция тяжелых металлов разными типами почв области имеет свои характерные особенности. Тяжелые металлы, имеющие преимущественно техногенное происхождение, аккумулируются в первую очередь в дерново-карбонатных и серых лесных почвах, наименьшая их концентрация отмечена в аллювиальных дерновых насыщенных почвах, которые испытывают незначительную техногенную нагрузку. Особенности распределения тяжелых металлов объясняются тем, что дерново-карбонатные и серые лесные почвы расположены преимущественно в тех участках, где нагрузка на почвенный покров более высокая. Черноземы по аккумуляции тяжелых металлов занимают средние

позиции, так как они достаточно равномерно распределены по территории области, в разных частях которой они испытывают различную техногенную нагрузку. Таким образом, основные типы почвы в порядке убывания концентраций тяжелых металлов образуют следующий ряд: дерново-карбонатные > серые лесные > черноземы > аллювиальные дерновые насыщенные.

В значительной степени почвенный покров загрязнен тяжелыми металлами в Центральной и Южной агроклиматических зонах, что объясняется комплексным воздействием техногенных и местных физико-географических условий. Относительно небольшое загрязнение почвенного покрова Заволжской зоны обусловлено отсутствием на данной территории крупных разнопрофильных промышленных предприятий, а также особенностями рельефа и гидрологии.

### Список литературы

1. Абуталыбов М.Т. Значение микроэлементов в растениеводстве. – Баку : Кн. Изд-во, 1961. – 252 с.
2. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.
3. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск : Наука, 1991. – 151 с.
4. Матвеев Н.М., Павловский В.А., Прохорова Н.В. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье. – Самара : Изд-во Самар. ун-та, 1997. – 215 с.
5. Мильто Е.Н., Смирнов И.П. Миграция тяжелых металлов в ландшафтах степного и лесостепного Заволжья как отражение хозяйственной освоенности // Изв. РГО (Рос. геогр. общ-ва). – 2007. – Январь–февраль. – Т. 139. – Вып. 1.
6. Научно обоснованная система земледелия Ульяновской области / отв. за вып. Карвецкий А.В.; Агропромышленный комитет Ульяновской области. – Ульяновск, 1986.
7. Стебаев И.В., Пивоварова Ж.Ф., Смоляков Б.С., Неделькина С.В. Общая биогеосистемная экология. – Новосибирск : Наука, 1993. – 288 с.

### Рецензенты:

Лукьянова Татьяна Семеновна, доктор географических наук, профессор кафедры геологии и геоэкологии Московского государственного областного университета (МГОУ), г. Мытищи.

Чепалыго Андрей Леонидович, доктор географических наук, ведущий сотрудник института географии РАН, профессор кафедры геологии и геоэкологии Московского государственного областного университета (МГОУ), г. Мытищи.